nature
الطبعة العربية
الدورية العالمية للعلوم

نموّ متفاوت

خرائط عالية الدقة تكشِف مدى عدم المساواة في التعليم وتغذية الأطفال في أفريقيا

صفحة 54



علم الطيور

بُوْم من أجل السلام

طيور جارحة تشجع التعاون العلمي عبر الشرق الأوسط

صفحة 33

بيئة

بناء مرصد أرضيّ عالميّ

سد فجوات المعرفة فيما يتعلق بالتحديات البيئية الكبرى

صفحة 35

فيزياء تطبيقية

صور من العدم

الليزر يحول الجُسيمات المحصورة إلى عرض متحرك ثلاثي الأبعاد

صفحة 49

ARABICEDITION.NATURE.COM
مارس 2018 / السنة السادسة / العدد 54
ISSN 977-2314-55003

nature الطبعة العربية مارس 2018 / السنة السادسة
ARABICEDITION.NATURE.COM
npg العدد رقم: 54





PEER-
REVIEWED



CONTINUOUS
PUBLICATION

MULTIDISCIPLINARY



Scientific Reports is the home for sound, highly visible research – whatever your area of expertise. Straightforward submission, fast and fair peer review, and open access publication on nature.com gets your research out to the widest possible audience in the shortest possible time.

As the highest ranked open access multidisciplinary sound science journal in the world*, and with over 2 million page views a month, we are the perfect place to publish your research.

- **Fast** decisions and rapid online publication
- **Global** reach and discoverability via nature.com
- **Expert** Editorial Board to manage your paper
- **Personalised** service from in-house staff

www.nature.com/scientificreports

*2014 *Journal Citation Reports*® (Thomson Reuters, 2015)

SPRINGER NATURE

nature

مارس 2018 / السنــة السادسة / العـدد 54

فريق التحرير

رئـيـس التـحـريـر: فيليب كامبل
المحرر التنفيذي: محمد يحيى
مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسـن بيـومي
مدير تحرير الترجمة: علياء حامد
محـرر أول: فايقة جرجس
محـرر علمي: سُفانة الباهي، أميرة علي دغيم
محرر الصور: أماني شوقي
محرر وسائل الإعلام الاجتماعي: مصطفى علي أبو مسلم
مساعد التحرير: هالة هلال
مصمم جرافيـك: عمرو رحمـة
مستشار التحريـر: عبد العزيز بن محمـد السـويلم
مستشار علمي: أحمد بن حمادي الحربي
مستشار الترجمة: سلطان بن عبد العزيز المبارك
اشترك في هذا العدد: أحمد بركات، حاتم النجدي، ريهام الخولي، سعيد يس، علا صيام، فواز عبدالرحمن عبد الراضي، لمياء نايل، لينا الشهابي مراد، محمد الوكيل، محمد فتحي خضر، محمود بصل، مدحت مريد صادق، نسيبة داود، هويدا عماد، وسيم عبد الحليم، وليد خطاب

مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشكوم
المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس
المدير المساعد لـ MSC: نِك كامبيل

الرعاة الرسميون

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية KACST
www.kacst.edu.sa
العنوان البريدي:
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
ص. ب: 6086 - الرياض 11442
المملكة العربية السعودية





التسويق والاشتراكات

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني
(j.giuliani@nature.com)
التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

NAE Riyadh office
Leaders Tower 1,
7853 takhassusi,
Al Olaya, Riyadh
12333 3214,
Saudi Arabia.

تُنشَر مجلة "نيتْشَر" ـ وترقيمها الدولي هو (2314-5587) ـ مِن قِبَل مجموعة نيتْشَر للنشر (NPG)، التي تعتبَر قِسمًا من ماكميلان للنشر المحدودة، التي تأسَّست وفقًا لقوانين إنجلترا، وويلز (تحت رقم 00785998). ومكتب ويلز المسَجَّل يقع في طريق برونيل، هاوندميلز، باسينجستوك، إتش إيه إن تي إس، آر جي 21 6 إكس إس. وهي مُسَجَّلَة كصحيفة في مكتب البريد البريطاني. أمّا بخصوص الطلبات والاشتراكات، فيُرجَى الاتصال بمكتب دبي. وفيما يتعلق بمَنْح التفويض لعمل نُسخ مصوَّرَة للاستخدام الداخلي أو الشخصي، أو الاستخدام الداخلي أو الشخصي لعملاء محَدَّدين، فهذا الأمر يتعلق بموافقة "نيتْشَر" للمكتبات، والكيانات الأخرى المسَجَّلَة من خلال مركز إجازة حقوق الطبع والنشر، ومقرّه في 222 روز وود درايف، دانفيرز، ماساشوسيتس 01923، الولايات المتحدة الأمريكية. والرقم الكودي لـ"نيتْشَر" هو: 0028-03/0836، باتفاقية النشر رقم: 40032744. وتُنشَر الطبعة العربية من مجلة "نيتْشَر" شهريًّا. والعلامة التجارية المُسَجَّلَة هي (ماكميلان للنشر المحدودة)، 2016. وجميع الحقوق محفوظة.

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم

في عدد ربع سنوي جديد من دورية "*Nature* الطبعة العربية"، نعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية "*Nature* الطبعة الدولية" في أعدادها المنشورة في الفترة من يناير إلى مارس 2018، حيث يضم هذا العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تقدُّم العلوم. وفيما يلي نبذة عن أبرز ما ورد فيه:

في قسم "أخبار في دائرة الضوء"، وتحت عنوان "علماء كيب تاون يتأهبون ليوم الصفر"، نتعرف على أزمة المياه، التي تتأهب لها العاصمة الجنوب أفريقية، واستعدادات العلماء والباحثين لهذا اليوم الذي ستصبح فيه كيب تاون أول مدينة كبرى تنفد منها المياه. كما نلقي الضوء على "تطلعات عام 2018"، وأبرز الأحداث والتطورات العلمية المتوقعة.

كما نُطْلِعكم على خطوة مهمة في مجال البحوث الطبية الحيوية.. فَتَحْتَ عنوان "استنساخ قرود في الصين"، نتعرف على نجاح علماء صينيين في استنساخ قرود باستخدام تقنية استنساخ النعجة دوللي، حيث يأمل الباحثون في استخدام هذه التقنية المُنقَّحة؛ لإنتاج رئيسيات متطابقة وراثيًّا؛ من أجل تقديم نماذج حيوانية مُحسَّنة من الاضطرابات البشرية.

وفي قسم "التحقيقات"، وتحت عنوان "صورةٌ لِذِكْرَى"، نطلعكم على جهود الباحثين الذين يستخدمون التصوير الدماغيّ؛ للتعرّف على أنماط النشاط المشارِكة في إنشاء ذِكْرَى معينة، واسترجاعها، والكشف عن القواعد الأساسية المتعلقة بكيفية تكوُّن الذكريات الفردية، وتنظيمها، وتفاعلها فيما بينها. وفي تحقيق آخر، تحت عنوان "بُوم مِن أجل السلام"، نتعرف على برنامج عابرٍ للحدود، يَستخدِم البُوم في القضاء على آفات القوارض بالحقول الزراعية، لينجح فيما فشل فيه الساسة من تحقيق تعاوُن بين باحثين ينتمون إلى مناطق متنازَع عليها سياسيًّا في الشرق الأوسط.

وفي قسم "التعليقات"، يدعو ماركو كولمالا إلى إجراء رصد مستمر وشامل للتفاعلات بين سطح الكوكب، والغلاف الجويّ. وتحت عنوان "بناء مرصد أرضيّ عالميّ"، يقترح إنشاء مرصد عالمي للأرض، يضم العديد من المحطات الأرضية المجهزة جيدًا حول أنحاء العالم؛ لرصد النظم البيئية، وربط معلومات هذا الرصد بالمعلومات المستقاة من الأقمار الصناعية وغيرها؛ لتمكين صنّاع القرار في المجالات المختلفة من اتخاذ ردود أفعال مناسبة تتسق مع التغيرات التي يمر بها الكوكب.

ولهواة المعارض والمتاحف، ولمحبي أفلام العلوم والخيال العلمي، نستعرض معكم تحت عنوان "تذاكر ساخنة" أبرز المتاحف والمعارض حول العالم، المتوقع إقامتها خلال العام الحالي، بدءًا من علاقتنا بالزمن، وانتهاءً بجمال الدماغ، وعلوم العصر الفاطمي، وعجائب الجرافين. وفي القسم نفسه، وتحت عنوان "جلادو كريسبر المتأهبون"، يُثْنِي ناثانيال كومفرت على دراسة أَجْرتها عالمة اجتماع عن مسألة الانحياز، التي ينطوي عليها الجدل حول تأثير الطبيعة مقابل التنشئة.

وفي قسم "صندوق الأدوات"، وتحت عنوان "مستقبل رسوم البيانات العلمية"، نعرض أدوات جديدة لإنتاج أشكال وبرمجيات تفاعلية، من شأنها أن تسهِّل الوصول إلى البيانات العلمية، وإمكانية تكرارها، وسَعْي بعض الدوريات العلمية لبث الحركة على الرسوم البيانية الثابتة، التي تحرم القراء من استكشافها بمزيد من التفصيل.

ولأنّ الإصابة بمرض ما لا يجب أن تكون عائقًا أمام طموحات المرء العلمية؛ نعرض في قسم "مهن علمية" تحت عنوان "العلم والمرض" نماذج لكيفية تكيُّف باحثين علميين مع أمراض مزمنة أُصيبوا بها في أثناء سَعْيهم في سبيل مهنة بحثية، ونصائحهم في كيفية التعامل مع المرض، والحقوق التي تكفلها لكم القوانين في دول مختلفة.

ويضم قسم "أنباء وآراء" عروضًا وتحليلات متعمقة لمجموعة بارزة من الأبحاث التي نُشرت منذ بداية العام، ومنها تحليل تحت عنوان "صحوة مفاجئة للخلايا السرطانية من سباتها"، استعرض فيه جوسيبه كوريجليانو، وفاتيما كاردوسو دراسة تكشف عن استمرار خطر انتكاس سرطان الثدي بعد فترة العلاج المساعِد، البالغة خمس سنوات.

وتحت عنوان "منارة في فجر الكون"، يستعرض إيلات جليكمان نتائج رصد لأبعد نجم زائف تم اكتشافه حتى الآن، حيث انبعث الضوء الذي تم التقاطه من هذا الجسم عندما كان عمر الكون لا يتعدى 690 مليون سنة، أي ما يساوي 5% فقط من عمره الحالي.

هذا.. بالإضافة إلى مختاراتنا من أبرز البحوث التي نُشرت في دورية *Nature* على مدار الأشهر الثلاثة، وملخصات أبحاث نُشرت في دوريات علمية أخرى، فضلًا عن أهم أخبار مجتمع العلوم في هذه الفترة.

مدير تحرير الترجمة
القائم بأعمال رئيس التحرير
علياء حامد

a natureresearch service

nature
MASTERCLASSES



Training in Scientific Writing and Publishing

With *Nature Masterclasses* online and face-to-face training, researchers learn from Nature journal editors how to turn great science into great papers

Find out more at **masterclasses.nature.com**

E masterclasses@nature.com
W masterclasses.nature.com
Follow us on LinkedIn

SPRINGER NATURE

المحتويات

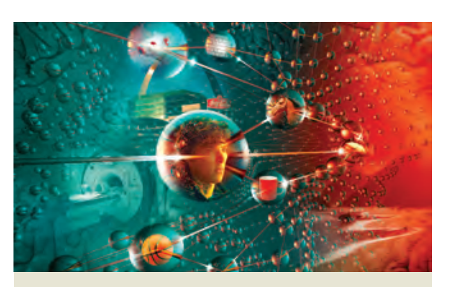
مارس 2018 / السنة السادسة / العدد 54

هـذا الـشـهــر

أخبــار فى دائرة الضـوء



تحقيقات



تعليقات





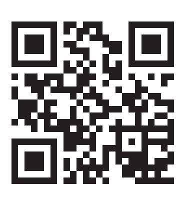
مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

natureOUTLOOK

Nature Outlooks tackle topics of scientific, clinical and societal interest, giving a comprehensive picture of the current state of knowledge and the hottest areas of research. They present news features written by top science journalists and commentary pieces from leading academic and industry thinkers.





Browse all *Nature Outlooks* at nature.com/outlooks

المحتويات

مارس 2018 / السنة السادسة / العدد 54

أبحـــاث

COVER ILLUSTRATION BY JASIEK KRZYSZTOFIAK/*NATURE*



عن الغلاف
نمو متفاوت

في إطار السعي للوفاء بأهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، يُحَتَّم على البرامج المعنية الاسترشاد ببيانات محددة. لذا، يقدّم سايمون هاي وزملاؤه خرائط جغرافية مكانية تُلقي بنظرة مُفصَّلة على قصور نمو الأطفال وعدم المساواة في التعليم في 51 دولة أفريقية في الفترة ما بين عامي 2000 و2015. وبالرغم من إظهار الغالبية العظمى من هذه الدول تحسنًا في هذا الشأن، استنتج الباحثون أنه ما مِن دولة أفريقية تسير على النهج السليم لإنهاء سوء التغذية بحلول عام 2030، وأن عدم المساواة في التعليم بين الجنسين لا يزال قائمًا في الكثير من المناطق بالقارة.

صفحة 54

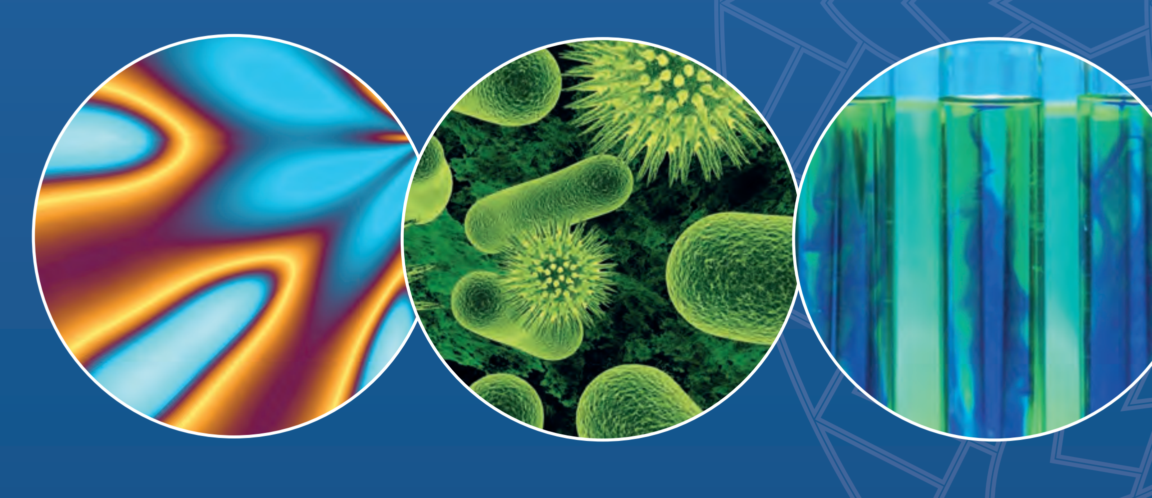
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature MIDDLE EAST

Emerging science in the Arab world

From research success stories and the latest scientific news, from various Nature journals, to Science jobs and events listings and in-depth features and commentaries.

Nature Middle East is a unique platform for the scientific and medical research community to connect, network and exchange information or ideas, to promote good science and stimulate research and debate.



Keep up-to-date with the latest research coming out of the Arab world

nature.com/nmiddleeast



Sponsored by

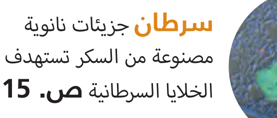


هــذا الشهـــر

افتتاحيات

نشر دوريات *Nature* تضيق القواعد الخاصة بتضارب المصالح **ص. 9**

رؤية كونية يجب القضاء على الصورة النمطية حول المرأة العربية في مجتمع العلوم **ص. 11**




سرطان جزيئات نانوية مصنوعة من السكر تستهدف الخلايا السرطانية **ص. 15**

"سبيس إكس" تشعل الحماس للأحلام الكبيرة

كان الإطلاق الناجح للصاروخ "فالكون هيفي" Falcon Heavy بمثابة لحظة ملهِمة، تفتح الآفاق أمام الاستكشاف التجاري للفضاء السحيق.

عندما كشف ديفيد بووي عن مصدر إلهامه لأغنيته الشهيرة التي لاقت نجاحًا كبيرًا "سبيس أوديتي" Space Oddity، كان الأمر بمثابة مفاجأة للكثيرين، إذ لم يكن مصدر إلهامه بعثات "أبولو" Apollo إلى القمر، وإنما فيلم "2001: ملحمة الفضاء" *2001: A Space Odyssey* (للمخرج كوبريك، عام 1968). ومن السهل معرفة السبب؛ فالعرض الراقص لمحطة الفضاء الدوّارة في الفيلم، والرؤى الغامضة حول مكاننا في الكون، كانت لهما جاذبية جمالية متميزة.

لكنْ هل لا يزال السفر عبر الفضاء ملهِمًا؟ إذا ما نَحّينا جانبًا المكانة المرموقة التي لا تزال تحظى بها محطة الفضاء الدولية (ISS)، والخطوات الحميدة المبكرة التي اتخذتها الصين وغيرها، سنجد أن شيئًا غير عاديًا قد حدث. فبالنسبة إلى قطاع عريض من الجماهير، أصبحت مغامرات الإنسان في الفضاء شيئًا من الماضي؛ اعتاد الناس القيام به في الأيام الخوالي. (المعروضة أ: المكوك الفضائي، الذي كان ذات يوم وسيلة للهروب من الروابط الصارمة بكوكب الأرض، تَحَوَّل الآن إلى قطعة أثرية تُعرض في المتاحف).

لقد بدا السفر إلى الفضاء فجأة مرة أخرى أمرًا مستقبليًّا من جديد؛ وإلا فكيف يمكن تفسير ردود الأفعال على مشهد الإطلاق الأول الناجح للصاروخ "فالكون هيفي" في الأسبوع الأول من شهر فبراير الماضي، وهو الصاروخ العملاق الذي قام بإنشائه إيلون ماسك، وشركته «سبيس إكس» Space X. لقد شهد جيل "الهاشتاج" لحظة إلهامه الخاصة بادية أمام عينيه ملء السماء.

لم يكن الإطلاق مثاليًّا، لكنه أظهر تزامنًا مذهلًا بين القوة والتحكم. توهجت محركات "ميرلين" الـ27 لرفع حمولتها الضخمة نحو السماء، مصحوبة بهتافات وصيحات من على الأرض. بعد ذلك، وبقَدْر مذهل من التحكم، انفصلت المعزِّزات الجانبية، وانقلبت للخلف بشكل ترادفي، عائدة باتجاه الأرض، وهبطت على منصات الهبوط في محطة "كيب كانافيرال" للقوات الجوية في فلوريدا، بأصوات انفجارات سريعة متلاحقة، مُحْدِثَةً دويًّا يصم الآذان.

> **«لم يعد الوصول إلى المسارات بين الكواكب مقصورًا على الحكومات».**

ورغم هذا يبقى الصاروخ "ساتورن 5" Saturn V، الذي صممته وكالة "ناسا" في ستينات القرن الماضي لبعثات "أبولو" هو أقوى صاروخ تم تصميمه على الإطلاق. ومنذ بعثات "أبولو"، حدثت فجوة زمنية، امتدت إلى ما يقرب من 50 عامًا في البعثات التي تأخذ الناس وراء المدار الأرضي المنخفض. ومن المؤكد أن الإطلاق الناجح للصاروخ "فالكون هيفي" سيشكل بداية إنهاء هذه الفجوة. ولا شك أن الحدث تاريخي، وأن ماسك يستحق الكثير من الثناء. صحيح أن الصاروخ كان براقًا، وربما مبهرًا أيضًا، لكن هذا المشهد المبهر ينطوي على جوهر رائع أيضًا.

ورغم أن ماسك ليس معصومًا من الخطأ، إلا أنه أثبت أنه صاحب رؤية، ومفعم بالحيوية والعزيمة والإصرار، ويتسم بقدر من العبقرية، وكثير من الغرور. فقد أربكت شركة «سبيس إكس» بشدة كثيرًا من المتشائمين، وأحدثت انقلابًا في مجال صناعة إطلاق الصواريخ. كما تواجه شركة «تيسلا» – وهي الشركة التي يمتلكها ماسك؛ لإنتاج المركَبات الكهربائية – تحديات جسيمة، إلا أنها ساعدت على إقناع كثيرين في مجال صناعة السيارات بأن المحركات التي تعمل بالوقود الأحفوري من شأنها أن تُوضَع في المتاحف إلى جانب المكوك.

تتسم أهداف ماسك - فيما يتعلق بالفضاء - ببعض الاندفاع؛ إذ ينوي جَعْل مركبة الفضاء "دراجون" الخاصة بشركة «سبيس إكس» تقلّ أناسًا في وقت لاحق من هذا العام، وأن يَنقِل الشقيق الأقل قوة للصاروخ "فالكون هيفي" – وهو الصاروخ العامل "فالكون 9" – رواد الفضاء إلى محطة الفضاء الدولية.

وما تتجه إليه الأبصار الآن هو الفراغ الأبعد من ذلك. فقد شَقَّت الشركات التجارية أخيرًا طريقها إلى الفضاء السحيق؛ ولم يعد الوصول إلى المسارات بين الكواكب - والقرارات حول وجهة الانطلاق – قاصرًا على الحكومات. ويرغب ماسك في أن يأخذ الناس إلى المريخ؛ وهو لا يزال يبدو أملًا بعيد المنال، إلا أن السياحة الفضائية تبدو فجأة احتمالًا أكثر واقعية.

يُظهِر ماسك وصاروخه معًا ما يمكن أن يحققه مزيج من الأفكار العظيمة والأموال الطائلة، ما يلهم الجيل القادم لأنْ تبلغ أحلامه عنان السماء. ورغم ذلك، ومع الإثارة المصاحِبة لأي جديد، يجدر بنا أن نتذكر إلى أي مدى يُبنى إطلاق الصاروخ الذي تم في الأسبوع الأول من فبراير – على غرار أشياء كثيرة في مجال العلوم – على إنجازات آخرين. فقد أقلع الصاروخ "فالكون هيفي" من مجمع الإطلاق 39A (LC-39A) التاريخي في مركز كينيدي للفضاء في جزيرة ميريت بولاية فلوريدا، حيث بدأت أيضًا بعثات "أبولو" للهبوط على سطح القمر رحلاتها.

ورغم أن اختيار ماسك لحمولة الاختبار – وهي سيارته الخاصة "تيسلا رودستر"، ذات اللون الأحمر الداكن، وبها "مانيكان" يجلس إلى عجلة القيادة، وتُشَغَّل بها أغنية "سبيس أوديتي" بشكل متكرر - قد جذب الانتباه بالقَدْر نفسه للصاروخ الذي حملها، لم تكن شركة «سبيس إكس» هي الأولى التي تنقل سيارة إلى الفضاء. فمن مجمع الإطلاق 39A، فعلت وكالة "ناسا" الشيء نفسه، ثم أَنزلَت سيارتها على سطح القمر، وجَعَلَتْها تسير في المنطقة المحيطة. ولم يكن ذلك هيِّنًا بالنسبة إلى ذلك الوقت. ■

الربط بين البحوث وتأثيراتها

إن تتبع التأثيرات المجتمعية للبحوث يشجع الأكاديميين على مواصلة السعي إليها. ومن شأن إصدار ثلاث دوريات جديدة تابعة لـ*Nature* أن يساعد على ذلك أيضًا.

هناك رواية كلاسيكية تشدِّد على أهمية العلوم الأساسية وقيمتها. فمِن أجل تحقيق التقدم، يجب على المرء أن يأخذ بعين الاعتبار مثابرة الباحثين، ويدمجها مع الدعم المالي الممتد، ثم يضيف خيالًا إبداعيًّا ومنطقًا (وهي خطوة مهمة لصياغة الافتراضات، واختبار التوقعات). ضع فوق ذلك القليل من النتائج غير المتوقعة، واترك المزيج ينضج على مدى قرن من الزمان، أو يزيد.

يمثل الإعلان الصادر في عام 2016 برصد موجات الجاذبية (gravitational waves) منتجًا جيدًا لوصفة النجاح هذه. فقد وُلد الاكتشاف من رحم نظريات النسبية، التي كانت مقصورة على فئة معينة، لكنها الآن – وهو ما لم يكن متوقَّعًا وقت ظهورها في عام 1916 – تشكل أساسًا لبعض التقنيات، مثل المِلاحة العالمية. في الغالب، لدى قراء دورية *Nature* أمثلتهم المفضلة على قصص نجاح من هذا النوع.

ويبقى دعم البحوث الأساسية أمرًا جوهريًّا، باعتباره رمزًا للقيم الثقافية، ومحركًا

لقاطرة التقدم المجتمعي في المستقبل. أمّا البحوث التي تقوم على رؤيةٍ أقصر مدى، أو أكثر محليةً للنتائج العملية، فتستحق المكافأة والاحتفاء بها أيضًا، وهي حقيقة مسَلَّم بها في أوساط المهندسين، أو العلماء الإكلينيكيين، لكن بمستوى أقل في بعض التخصصات الأخرى.

ولنأخذ - على سبيل المثال - طريقة تعاون الهيئات التنظيمية، والمنظمات التجارية، والباحثين في الجغرافيا الطبيعية بجامعة ليدز بالمملكة المتحدة، من أجل تعزيز جودة المياه، وأداء الشركات، عن طريق تطوير استراتيجيات مبتكَرة لإدارة مستجمعات المياه في شمال إنجلترا. وهناك مثال آخر، هو الكيفية التي عَقدت بها هيئات صحية محلية مشاركة مع إحدى شركات الإنتاج الإعلامي الرقمي؛ من أجل نشر محتوى مرتبِط بتقنية مساعدة ذاتية، تم تطويرها من قِبل باحثين في الطب النفسي من جامعة كينجز كوليدج لندن؛ لمكافحة اضطراب النُّهام (البوليميا).

كلا المثالين متضمَّنان في قاعدة بيانات لدراسات الحالة التي تم جمعها من قِبل "مجلس تمويل التعليم العالي" في إنجلترا، وذلك في نظام "إطار التميز البحثي" الرائد، الذي تم تطبيقه في عام 2014 (REF)؛ انظر: .go.nature com/2zags87). يقيم المجلس تأثير البحوث بأثر رجعي، ويكافئ الجهات البحثية المتميزة بمَنْحها تمويلات إضافية. وقد أدى هذا النهج إلى زيادة الدعم المالي لبعض الجامعات التي تسعى إلى إجراء بحوث "مفيدة"، لكنها لم تحقِّق نجاحات رفيعة في ظل أطر عمل أنظمة التمويل السابقة الأكثر تقليدية. وسيخصص "إطار التميز البحثي" القادم – الذي سيجري تطبيقه في عام 2021 – قيمة أكبر (25%، بدلًا من 20%) لتقييمات تأثير البحوث، وهو إجراء تدعمه دورية *Nature*، لكنّ ممولين آخرين أشاروا إلى أنهم يؤمنون بالتأثير المباشر، ويطالبون بصياغة رؤية مستقبلية لمثل هذه الفوائد في الطلبات المقدَّمة للحصول على تمويل.

«كيف يمكن للدوريات البحثية، التي تسعى من أجل زيادة أهمية البحوث، أن تزيد من قيمتها؟»

إنّ قاعدة بيانات دراسات الحالة الخاصة بنظام "إطار التميز البحثي" مثيرة للاهتمام، ويرجع ذلك - من ناحية - إلى أنها تسلط الضوء على طرق واضحة لتوثيق تأثير البحوث، من خلال ما تحتويه من وصف مفصل، ومُصَادَقات من شركاء الباحثين في إجراء الدراسات، ومن ناحية أخرى، يرجع إلى أنها تكشف تنوّع المسارات نحو حدوث التأثير.

إن الترابط مع شركاء إجراء الدراسات والتأثير الحاصل يجلب قدرًا من التقدير والاحتفاء، تمامًا مثلما يفعل التمويل، الذي تساعد دراسات الحالة هذه الجامعات للحصول عليه. كما إن تطبيق معايير التأثير في الدراسات الاستعادية لا يتسم بالوضوح، إذ إن حدوث تغييرات حقيقية قد يستغرق سنوات (رغم أنه بالنسبة إلى البرمجيات والتطبيقات الرقمية قد يكون التقدم أسرع)، لكن هذه التحليلات يمكنها أن تلهم الباحثين، وتساعدهم على توقُّع وإقامة مشارَكات في البداية؛ لتعزيز التأثير النهائي.

ويمكن أن يعتمد التأثير أيضًا على نشر النتائج، ونأمل أن تتمكن الدوريات التابعة لـ*Nature* من المساعدة في ذلك. فعلى مدار الأعوام القليلة الماضية، تطورت مجموعة الدوريات التابعة لـ*Nature*، لتتضمن دوريات متعددة التخصصات، وأخرى ذات تخصصات متعدية، تجعلها استباقية، تستهدف تحديدًا التحديات المجتمعية والبحوث الأساسية عبر جميع التخصصات ذات الصلة. كانت دورية "نيتشر كلايمِت تشينج" *Nature Climate Change* الأولى في هذا السياق، وتضمنت الإصدارات الأحدث دوريات "نيتشر إينيرجي" *Nature Energy*، و"نيتشر هيومان بيهيفيور" *Nature Human Behaviour*، و"نيتشر بيوميديكال إنجينيرينج" *Nature Biomedical Engineering*. ومؤخرًا صدر في الأسبوع الثاني من يناير الماضي دوريات "نيتشر ساستينابيليتي" *Nature Sustainability*، و"نيتشر إيليكترونيكس" *Nature Electronics*، و"نيتشر كاتاليسيس" *Nature Catalysis*. (ولا نتجاهل بذلك الدوريات الحديثة في التخصصات الأكثر تقليدية، مثل علم الأحياء الدقيقة، وعلم الفلك، وعلم البيئة، والتطور).

وعادةً ما تجاهد الدوريات التي تستهدف القضايا المجتمعية مع قضية غير عادية تخص الناشرين الأكاديميين، وهي كيفية تقييم أهمية البحوث التي تدَّعِي أن لها فائدة محتملة خارج النطاق الأكاديمي.

في بعض الأحيان يكون الفصل في هذه المسألة واضحًا نسبيًّا. ففي بعض فروع مجال الإلكترونيات والتحفيز الكيميائي - على سبيل المثال - تتواصل الأوساط الأكاديمية والصناعية بشكل جيد، كما تتقاسم الأهداف، وتكون لديها مسارات واضحة ومتفَق عليها لتطبيق المعرفة. وبالتالي، يصبح من السهل تقييم التأثير المحتمَل لأي ورقة بحثية تدَّعِي إمكانية التطبيق، ومن ثم تقييم أهميتها على النطاق الأوسع.

وفي المجالات البحثية الأخرى، ربما لا تكون مناهج الحكم على التأثير المحتمَل بهذا القدر من التحديد، ما يؤدي إلى صعوبة تقييم البحث وتحكيمه. فعلى سبيل المثال، عند النظر في بحث يشير إلى أهمية السياسة، كدعوى جوهرية لأهميته، فإن التقييم التقني بمفرده لن يكون كافيًا. وللعثور على محكِّمين مناسبين، قد يتعين على المحررين البحث في المنشورات السابقة، وأسماء أعضاء اللجان، والمجتمعات الأكاديمية، والدوريات المتخصصة؛ من أجل الوصول إلى أفراد يمكنهم فصل القيمة الحقيقية للسياسة عن الأوهام.

ويتطلب هذا التحدي من المحررين أن تكون لديهم عقول متفتحة، وأن يجذبوا المحكِّمين الذين يستطيعون إدراك القيمة المتضمَّنة في البحوث التي قد تكون درجة جدّتها التصورية منخفضة، لكن تأثيراتها عالية، ربما مثلًا بسبب تغيير جزئي في الأداء الوظيفي لأحد التطبيقات.

في الدوريات المتخصصة التابعة لـ*Nature*، تقع المسؤولية الأساسية لتحديد أيٍّ من البحوث سيتم نشره بالكامل على عاتق المحررين، وليس المحكِّمين، أو هيئات تحريرية خارجية. فهل اتخاذ القرار إذًا يتسم بالموضوعية؟ ربما، لكن ليس أكثر من القرارات في العلوم الأساسية، حيث لا تتبين الأهمية في الحال. إنّ ما يهمّ هو جودة المشورة المقدَّمة، إلى جانب اتساع خبرة المحررين، وعمق استشرافهم للأمور.

وبعد الدقة والابتكار المطلوبين في عملية التحكيم، وبعد نشر البحوث الجيدة، كيف يمكن للدوريات البحثية التي تسعى من أجل زيادة أهمية البحوث أن تعلي قيمتها؟ إحدى الوسائل لتحقيق ذلك قد تكون من خلال المساعدة على نشر التأثيرات التي أعقبت عملية البحث.. فإلى جانب الاستشهاد، وعمليات التحليل بالقياسات البديلة، يمكن للدوريات أن تنشر ما يرويه الباحثون عما حدث فيما بعد، مع تأييد ذلك بشهادات شركائهم، أو بأي أدلة أخرى ملموسة. كما يمكن للمؤرخين تطبيق هذا النهج على البحوث الأقدم بكثير، ومن ذلك بحوث العظماء الغابرين. فيا له من مستوى رفيع في الثراء والحيوية والتأثير، ذلك الذي يمكن أن تبلغه المنشورات البحثية بهذا الشكل. ■

مُعــزِّزات التطعيــم

القانون الفرنسي الجديد الذي يجعل التطعيم إلزاميًّا ليس السبيل الوحيد لتحقيق التقدُّم في هذا الشأن.

ثمة فارق بين أن يكون لدى المرء يقين - كما هو الحال مع دورية *Nature* - بأن انتشار التطعيم على نطاق واسع يمثّل أداة حيوية للصحة العامة، وبين فرض هذا التطعيم على مجموعة بشرية معينة. فهذا الفرض أكثر إثارة للجدل؛ نظرًا إلى تنوع المعايير الأخلاقية والثقافية بين البشر. يتجلى هذا التنوع - على سبيل المثال - في الخيارات المتباينة التي تتبناها دول القارة الأوروبية؛ فبعض هذه الدول (معظمها من دول ما بعد الاتحاد السوفيتي) يجعل التطعيمات ضد أمراض كثيرة إلزامية، بينما لا تتبنى غالبية الدول هذا الخيار.

وتقدِّم فرنسا الآن دراسة حالة تتعلق تحديدًا بهذا الجدل.

يقضي قانون فرنسيّ جديد بتطعيم الأطفال المولودين بعد 1 يناير 2018 ضد 11 مرضًا في سنوات عمرهم الأولى. في حين كان التطعيم إلزاميًّا ضد ثلاثة أمراض فقط في السابق هي الخناق (الدفتيريا)، والكزاز (التيتانوس)، وشلل الأطفال، وكان يُكتفى بالوصاية به لبقية الأمراض الأخرى، ويُترَك القرار للوالدين. أما الآن، فيجب أيضًا تطعيم الأطفال ضد المستدمية النزلية "بي"، والتهاب الكبد "بي"، والسعال الديكي، ومرض المكوّرات الرئوية، والتهاب السحايا "سي"، والحصبة، والنكاف، والحصبة الألمانية. وتقول الحكومة إنه سيُرفَض تسجيل الأطفال، الذين لم يتلقوا جميع تطعيماتهم - ومنها الحُقن المعزِّزة - في دور الحضانة، والمدارس، والمخيمات في فرنسا.

أدَّت هذه السياسة إلى انقسام علماء الصحة العامة في فرنسا. فكثير من الأطباء الممارسين العامِّين الفرنسيين يقفون في صَفّ مَن يرون أن هذا الإجراء استبداديّ، ويمكن أن يؤدي إلى نتائج عكسية، لا سيما عن طريق تنفير الآباء والأمهات، وزيادة الحذر من التطعيمات في بلد تسببت فيه فضائح صحية مختلفة (أسوأها عمليات نقل الدم المصاب بفيروس نقص المناعة البشرية، في بداية تسعينيات القرن الماضي، إلى مرضى الهيموفيليا) في نشر حالة من عدم الثقة في السلطات الصحية.

يبدو أن السلطات الفرنسية تعتقد خاطئًا أن القانون الجديد يمثّل رد فعل مناسبًا للقصص المرعبة حول سلامة لقاحات الأطفال، خاصة تلك التي ترويها المجموعات

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المناهِضة للتطعيم. فالتصدي لمثل هذه المعلومات الخاطئة أمر مهم، لكن غير كاف وحده لأن تُبنى عليه سياسة تطعيم مُحْكَمة. فالبيانات المتعلقة بتغطية اللقاحات لمعظم الأمراض في فرنسا تُبيّن أن الوضع الآن أفضل مما كان عليه منذ سنوات. صحيح أن معدلات تغطية بعض اللقاحات الأحدث منخفضة للغاية، لكنها - مع ذلك - آخذة في الزيادة. فعلى سبيل المثال، شهدت معدلات التطعيم ضد التهاب السحايا "سي" زيادة مطردة منذ طرحه لأول مرة قبل عقد من الزمان؛ إذ ارتفعت من 48% فقط بين الأطفال في عمر سنتين في نهاية عام 2011 إلى 71% في عام 2016، لكن معدلات تغطية اللقاحات لمعظم الأمراض في فرنسا مرتفعة في المجمل. ويكمن التحدي، بالأحرى، في وضع سياسات تدفع المتلكئين بشأن التطعيم إلى الحصول عليه؛ لضمان تحصين ما يكفي من الأطفال؛ لتجاوز الحدود المطلوبة لتحقيق الحصانة الجماعية .

«يكمن التحدي في وضع سياسات تدفع المتلكئين بشأن التطعيم إلى الحصول عليه».

إنّ اختزال التردد المجتمعيّ بشأن التطعيم في صورة معركة بسيطة بين المجموعات المناهِضة للتطعيم والفئات الجاهلة من جانب، والتفكير العلمي والصحة العامة من جانب آخر – مثلما فعلت الحكومة الفرنسية – يعزز جدلًا عقيمًا وغير مجدٍ، ويجسّد رؤية تسطيحية تحجب قضايا معقدة، مثل الأسباب المتعددة التي تدفع الأفراد إلى "التردد بشأن التطعيم"، والدور المحوري لبناء الثقة في مؤسسات الرعاية الصحية، وفي المعلومات الصادرة عن الحكومة والعلماء.

وتكمن إحدى المشكلات العملية الكبرى التي تواجهها فرنسا في عدم المتابعة الكاملة للحُقن المُعزِّزة في أغلب الأحيان، حيث توضِّح البيانات الصحية أن ثمانية فقط من بين كل عشرة أطفال يحصلون على اللقاح المضاد لأمراض (النكاف، والحصبة، والحصبة الألمانية)، الذي يجب الحصول عليه في سن 18 شهرًا، ما يُعَد معدلًا منخفضًا، مقارنة بدول أخرى كثيرة، ويمثّل مشكلة، لأنه يضعِف المناعة الجماعية.

وقد أسهَم ذلك - دون شك - في حدوث زيادة طفيفة في تفشي مرض الحصبة من جديد في البلاد، بما يعادل بضع عشرات إلى بضع مئات من الحالات سنويًّا، وتحوُّله تحديدًا إلى وباء خَلَّف عدة آلاف من الحالات في عامي 2010، و2011. إلا أن رد فعل الحكومة الفرنسية بجعل تطعيم الأطفال إلزاميًّا ينطوي على سطحية، ويمثّل نكوثًا عن مسؤوليتها الأهمّ المتعلقة بالتعاون الدؤوب مع العاملين في قطاع الرعاية الصحية والجمهور، من أجل تحسين معدلات الإقبال على اللقاحات المرتفعة فعليًّا. وتُبيِّن دراسات كثيرة أن وسائل التذكير البسيطة – بما في ذلك الرسائل النصية – بتوقيتات التطعيمات، والحُقن المُعزِّزة، يمكن أن يؤتي بنتائج جيدة بشأن الالتزام بالتطعيم، وتغطية اللقاحات للأمراض. وينطبق الأمر نفسه على نظم المعلومات الإلكترونية الوطنية الخاصة باللقاحات فيما يتعلق بتتبُّع عمليات تطعيم الأفراد، وهو المجال الذي لا يزال بحاجة إلى تحقيق مزيد من التقدّم.

ويُحسَب للحكومة الفرنسية تعهُّدها بإجراء مراجعة سنوية لمدى الالتزام بالتطعيمات، ولأثر القانون الجديد، لكنْ في دولة تمثِّل فيها "الحرية" إحدى الركائز الثلاث للشعار الوطني، قد يؤدي هذا القانون المتشدد إلى شيء لا يرغب فيه أيٌّ من الأطراف المعنية؛ وهو إزكاء مزيد من المقاومة، التي لا أساس لها، للقاحات المُنقِّذة للحياة. إنّ جَعْل التطعيم إلزاميًّا يجب أن يكون بديلًا مؤقتًا على أقصى تقدير. والسياسة المستدامة الوحيدة التي يجب أن تنتهجها الحكومة هي توظيف جهودها لترسيخ اقتناع قوي لدى الجماهير بفوائد التطعيم، وتحسين استغلال الأدلة المتاحة لتنفيذ استراتيجيات أكثر احترازية، يمكنها أن توسع نطاق معدلات التغطية العالية بالفعل ضد معظم الأمراض، لتشمل اللقاحات المتعثِّرة. ■

مصالح خارجية

دوريات "نيتشر ريسيرش" *Nature Research* تطلب من مؤلفي البحوث الإفصاح عن أي تضارُب للمصالح غير المالية.

ما هي أسباب ظهور تضارُب المصالح في مجال العلوم؟ تختلف التعريفات، لكنها تتفق بوجه عام على شيء واحد، هو: أي تأثير يمكنه أن يحجب موضوعية الباحث. ربما يكون هذا التأثير بالنسبة إلى البعض هو المال، لكنْ هناك عوامل أخرى مؤثرة قد تتدخل في المسألة، مثل الولاء المؤسسي، والمعتقدات الشخصية، والطموح.

تضع دورية *Nature*، والدوريات الأخرى التابعة لـ"نيتشر ريسيرش" Nature Research (ومنها: دوريات الأبحاث والمراجعات التابعة لنيتشر، ودورية "ونيتشر كوميونيكيشنز" *Nature Communications*، ودورية "ساينتفيك ريبورتس" *Scientific Reports*، ودورية "ساينتفيك داتا" *Scientific Data*، و"نيتشر بارتنر جورنالز" *Nature Partner Journals*، ودوريات "كوميونيكيشنز" (Communications)، في الحسبان بعض هذه الأمور غير المالية، التي قد تكون مصدرًا للتوتر والتضارب. وكان من المقرر أنه ابتداءً من شهر فبراير الماضي سيُطلب من مؤلفي المقالات البحثية، والمقالات المراجعة، والتعليقات، ومقالات تحليل البحوث – بل ويُنتظَر منهم - أن يكشفوا عن ذلك التضارب (انظر: go.nature.com/2ddg12z).

ولهذا السبب، تُعرَّف المصالح المتضاربة (سواء المالية، أم غير مالية) باعتبارها مصلحة ثانوية، قد تقوِّض بشكل مباشر - أو تبدو وكأنها تقوِّض - موضوعية المنشور، وتكامله، وقيمته، وذلك من خلال تأثير محتمَل على أحكام وأفعال مؤلفيه فيما يتعلق بالعرض الموضوعي للبيانات، وتحليلها، وتفسيرها. وقد تشمل المصالح المتضاربة غير المالية مجموعة من العلاقات الشخصية والمهنية – أو إحداها - مع منظمات أو أفراد؛ بما في ذلك امتلاك عضوية في المنظمات الحكومية، أو غير الحكومية، أو منظمات الدعم أو الضغط، أو العمل لديها كخبير شاهد.

نحن ندرك أن الجميع لا يساورهم القَدْر نفسه من القلق بشأن التضارب غير المالي. فالبعض يقول - على سبيل المثال - إنه بسبب عدم إمكانية التخلص من التضارب غير المالي، في حين أنه يمكن فِعْل ذلك مع التضارب المالي، فإن التركيز على التضارب غير المالي قد يرسل رسالة، مفادها أنه يكفي – ببساطة - الإفصاح عن التضارب المالي، بدلًا من إزالته. وسيتفق البعض مع أحد قضاة اسكتلندا، الذي خلص في إحدى قضايا عام 2005 إلى أن الخبراء المتطوعين للشهادة كانوا أكثر ميلًا للتحيز، (لأنهم أرادوا تطبيق أجندة سرية) من الخبراء ذوي الأجور العالية، الذين تحدثوا نيابة عن إحدى شركات التبغ (L. Friedman and R. Daynard *Tob. Control* **16**, 293; 2007).

وقد أثبتت دراسات عديدة أن المصالح المالية المتضاربة في البحوث، التي يرعاها المجال الصناعي، تنطوي على إمكانية إدخال التحيز في تصميم الدراسات، وتحليلها، ونشر التقارير عنها؛ في حين لم يحظ تأثير المصالح غير المالية المتضاربة بحجم الدراسة ذاته. ومع ذلك، مِن المنصف أن نتوقع أن هذه الارتباطات يمكنها أن تؤثر على تصميم الدراسات، وتفسيرها، والاستقبال اللاحق لنتائجها المنشورة. وللحيلولة دون وقوع ذلك، طلبت عدة دوريات مختصة بالجانب الإكلينيكي للبحوث وبالطب الحيوي من الباحثين الإفصاح عن المصالح غير المالية على امتداد عدة سنوات. وفي الوقت الذي يتزايد فيه التدقيق في عملية النشر العلمي، فإن الإفصاح الشفاف الذي يسمح للقراء بتكوين استنتاجاتهم الخاصة حول العمل المنشور هو أفضل طريقة للحفاظ على ثقة الجمهور.

سوف تطرح دوريات *Nature* بيانات الإفصاح الكاملة أمام المراجعين الأقران كجزء من عملية المراجعة، وستنشرها على شبكة الإنترنت. ورغم أننا سوف نسهل الإفصاح خلال عملية مراجعة الأقران وعملية النشر، تقع المسؤولية عن الإفصاح السليم عن المصالح المتضاربة، وإدارتها، وإزالتها على عاتق المؤلفين والمؤسسات التي ينتمون إليها. فإذا علمنا بالمصالح غير المُفْصَح عنها، التي يمكن تصنيفها على أنها من المصالح المتضاربة، في معظم الحالات سنقوم بتعديل العمل المنشور، من خلال نشر تصحيح له. ولكن في حالات نادرة، تكون فيها المصلحة المتضاربة بارزة بما يكفي لإثارة القلق حول مصداقية الدراسة، قد يكون هناك مبرر لاتخاذ إجراء أكثر جدية. وتدعو دوريات «نيتشر ريسيرش» بالفعل المراجعين الأقران إلى النأْي بأنفسهم عن الحالات التي يكون فيها تضارب كبير في المصالح، سواء أكانت مالية، أم غير ذلك. كما يتعين على العاملين بأفرقة التحرير لدى الدوريات الإفصاح لرئيس العمل عن أيّ مصالح.

وقد ركزت سياسة المصالح المالية المتضاربة - التي تتبناها الدوريات الخاصة بـ *Nature*، ويتعين أن يتبعها مؤلفو البحوث، والتي طُرحت لأول مرة في عام 2001 - على المقالات البحثية الرئيسة فقط، لكننا في السنوات اللاحقة وَسَّعْنا نطاق تطبيقها؛ ليشمل مقالات المراجعة، وأنواعًا أخرى من المواد التي يتم تأليفها خارجيًّا، منها مقالات قسم الأبحاث "أنباء وآراء" News & Views، ومراجعات الكتب، ومقالات الرأي. وتُعتبر الخطوة الحالية هي الأحدث ضمن عملية متطورة، ونحن نرحب بأي ملاحظات أو تعليقات حول هذا التغيير. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp



إبـراز علمـاء من جنـوب الكـرة الأرضيـة

يجب السعي لجذب إسهامات باحثي العالَم النامي، ومَنْحها التقدير الكافي، كما تقول **داينا روكميانينجسيه**.

نوع جديد من إنسان الغاب، وبراكين طينية تدفن القرى، وفيروس زيكا.. موضوعات تشير إلى عدم وجود فقر في القصص العلمية التي تنشأ من "جنوب الكرة الأرضية"، وهو مصطلح يشير إلى مجموعة من البلدان في أنحاء أفريقيا، وأمريكا الجنوبية، وآسيا، تَحَمَّلَت الاستعمار، وتكافح الآن من أجل تحسين اقتصاداتها، لكنْ علينا أن ننتبه أيّ من العلماء يخبرنا بقصص هذه المنطقة.

يشارك الباحثون في جنوب الكرة الأرضية في الأبحاث المتطورة، إلا أن أسماءهم تتوارى عادةً خلف ظلال أسماء علماء من الغرب. ورغم أن العلماء الذين يأتون إلى المنطقة لإجراء البحوث غالبًا ما يكونون مدرَّبين بشكل أفضل من العلماء المحليين، إلا أن ذلك ليس السبب الوحيد الذي يؤدي عادةً إلى أن يُنسب إليهم الفضل الأكبر في العمل.

تشير دراسة عشوائية مُعمَّاة - واحدة على الأقل - إلى وجود تحيُّز ضد الباحثين من جنوب الكرة الأرضية. ففي تجربة صُورت على أنها تدريب على القراءة السريعة، قَيَّم 347 طبيبًا إنجليزيًّا ملخصات الأبحاث الأربعة نفسها مرتين؛ وفي كل مرة، قُدِّمت الملخصات بانتماء مختلف للمؤلفين. حصلت الملخصات التي افتُرِض أنها قد صدرت عن جامعات رائدة أمريكية وألمانية على درجات أفضل من الملخصات المطابقة لها، التي نُسبت إلى أفضل الجامعات في إثيوبيا، ومالاوي (M. Harris *et al*. *Health Aff*. **36**, 1997–2004; 2017). وقد كان لبلد المنشأ في التصنيفات أهمية أكبر من أهمية عنوان الدورية. ومن ثم، يتنبأ مؤلفو الدراسة بأن البحوث التي تنشأ من البلدان منخفضة الدخل "تُستبعد بشكل استباقي وغير عادل".

كما يُعَدّ موقع الشخص المسؤول عن التأليف مسألة كبيرة أخرى؛ فوفقًا للإندونيسي دانانج بيرووسوتو - وهو عالِم في الفيزياء، ويعمل الآن في جامعة نانيانج التكنولوجية في سنغافورة، وعمل في مؤسسات علمية مختلفة في جميع أنحاء العالم - فإن الباحثين المنتمين إلى مؤسسات إندونيسية نادرًا ما يتم إدراج أسمائهم كمؤلفين أوائل، أو مؤلفين رئيسين؛ ويرجع ذلك جزئيًّا إلى أنهم نادرًا ما يسهمون بالجزء الأكبر من التمويل. ويَحُول هذا الاختلال في التوازن دون قيام هؤلاء العلماء باقتراح البحوث، وتطوير الأفكار. ولأن أبرز الباحثين يحققون أكبر قدر من النجاح في دورات التمويل في المستقبل، فإن الوضع يظل يكرر نفسه باستمرار. وسيستمر ذلك، ما لم يواجهه المجتمع العلمي مباشرةً.

> "قد يَرِد ذِكْر علماء **الجنوب** في الترتيب السادس أو السادس عشر بين مؤلفي **البحث،** رغم أن العمل لا يمكن أن يستمر بدونهم".

إن التقدير الأفضل للجهود من شأنه أن يساعد في الأمر، فبالنسبة إلى المشروعات الدولية، قد يَرِد ذِكْر علماء الجنوب في الترتيب السادس أو السادس عشر بين مؤلفي البحث، رغم أن العمل لا يمكن أن يستمر بدونهم.

ولنأخذ مثلاً اكتشاف نوع جديد من الرئيسيات، كان قد أُعلن عنه في أواخر العام الماضي (A. Nater *et al*. *Curr. Biol*. **27**, 3487–3498; 2017). فمَن قام بجمع الـ500 جمجمة الخاصة بإنسان الغاب من 21 مؤسسة حول العالم، وأجرى التحليلات المورفولوجية لها، هو عالم إندونيسي الجنسية، كما أن مَن قاموا بتسهيل العملية المعقدة؛ للوصول البحثي إلى الغابات البِكْر، هم علماء إندونيسيون أيضًا. ونادرًا ما قُدِّر هذا الجهد في القصص الخبرية، فهذه التفاصيل رائعة ومهمة، لكن لا يَرِد ذِكْرها غالبًا في المطبوعات والتغطيات الإخبارية ذات الصلة.

لذا.. لا عجب أن بعض العلاقات يتوتر. ففي العام الماضي، نشرت جريدة "ذا جاكارتا بوست" *The Jakarta Post* قصصًا عن القرصنة البيولوجية لعينات من الحشرات والحياة البحرية. وأعرف باحثًا واحدًا - على الأقل - عمل مع علماء غربيين على ذلك، متوقِّعًا أن يُوضع اسمه كمؤلف للبحث، ليجد في النهاية أن البحوث قد تم إعدادها، وإرسالها إلى الدورية، ونشرها، دون إبلاغه بأيّ مِن هذه الخطوات، أو إدراج اسمه بها ضمن المؤلفين.

وبسبب هذه المخاوف، فرضت وزارة البحوث والتكنولوجيا والتعليم العالي الإندونيسية شروطًا على العلماء الأجانب الذين يأملون في العمل في المناطق البِكْر في البلاد؛ فمثلًا، في أجزاء من بحر باندا، يجب أن يقود البحث عالم إندونيسي. والهدف من ذلك هو التأكد من أن الخبرة العلمية التي تنشأ من إندونيسيا تظل موجودة بين الباحثين الإندونيسيين بعضهم بعضًا.

وخير مثال على ذلك نجده في الأعمال التي تمت لدراسة الإنسان من نوع *Homo floresiensis*، وهو كائن بَشَرِيّ، تم اكتشافه في عام 2003، ويُطلق عليه لقب "هوبيت". رعى عالِم الآثار الراحل مايكل موروود - من جامعة ولونجونج في أستراليا - بكل احترام التعاون طويل الأمد، الذي تم مع الباحثين الإندونيسيين؛ وقد نجح بسبب ذلك في الوصول إلى المواقع. وقد أعطت أولى الأوراق البحثية المنشورة عن الكائن البَشَرِيّ للمؤلفين الإندونيسيين مواقعَ بارزة بحق ضمن المؤلفين؛ وازدهر الباحثون منذ ذلك الحين.

ينبغي على المتعاونين وَضْع توقعات واضحة، وتشجيع الباحثين المحليين على المشاركة في المهام التي ستنال التقدير بشكل رسمي. ويجب على العلماء الغربيين أيضًا طلب المدخلات صراحةً منهم، فقد يتردد علماء الجنوب في نقد تصميمات الدراسات، خوفًا من تعكير صفو التعاون، بل يجب على علماء الجنوب هؤلاء أن يتطلعوا إلى ما هو أبعد من الشبكات المحلية، وأن يسعوا استباقيًّا للحصول على تمويل دولي.

عند نشر أي بحث من الجنوب، يمكن لكبار المؤلفين الغربيين اتخاذ خطوات بسيطة، كي لا يُنسب العمل إليهم وحدهم. كما ينبغي عليهم تقديم وصف قصير لإسهامات المؤلفين. وعند إجراء المقابلات، ينبغي عليهم إبراز الأدوار التي يؤديها العلماء المحليون، وأن يشجعوا الصحفيين على إجراء مقابلات معهم.

وينبغي على الصحافة أيضًا أن تسعى جاهدة لضم وذِكْر المزيد من العلماء من الجنوب، سواءً مَن شاركوا في البحث، أم من يشغلون مناصب فريدة تمكِّنهم من التعليق على البحث. ففي إحدى القصص الخبرية التي قَدَّمْتُ تقريرًا عنها بخصوص مرض استوائي تسبِّبه الديدان المستديرة، أظهرت مقابلة مع عالم إندونيسي كيف أن توصيات منظمة الصحة العالمية كانت تحدّ من فعالية التعامل مع الأمر، لأنها لم تكن مصمَّمة لتناسِب الاختلافات بين السلالات عبر الجُزُر.

ويقوم موقع SciDev.Net - وهو موقع إلكتروني يغطي مجالات العلوم والتكنولوجيا في العالم النامي - بدور ريادي في تعزيز هذه المهارات والروابط. كما يوفر موقع The Conversation - وهو موقع إلكتروني أنشأته مجموعة من الجامعات - منصة جيدة للعلماء من الجنوب؛ للتعبير عن آرائهم.

يجب علينا جميعًا أن نعمل معًا لإخراج علماء جنوب الكرة الأرضية إلى الأضواء. ■

داينا روكميانينجسيه صحفية مختصة بالعلوم، في ميدان، إندونيسيا.
البريد الإلكتروني: drochmya87@gmail.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث



اسألوني عن أبحاثي.. لا عن صوركم النمطية

تقول **ملاك عابد الثقفي**: "واجهتُ تعصبًا، لكوني باحثة من الشرق الأوسط، أكثر مما واجهته لكوني امرأة عاملة في المملكة العربية السعودية".

منذ بضعة أشهر تواصلَتْ معي مراسلة صحفية من جريدة معروفة على مستوى العالم؛ للحديث عن العلوم في المملكة العربية السعودية. كنت متحمسة لاهتمام هذه الجريدة الأجنبية ببلدي، حيث تتقدم النساء في مجالات مثل الفضاء الجويّ، والهندسة، والمال، والطب، لكنّ كل ما أرادت المراسلة أن تسمعه هو أفكاري حول الحجاب، وقيادة السيارة.

نعم، كافة الشكاوى الشائعة صحيحة. نعم، سيُسمَح للنساء عما قريب بقيادة السيارات. نعم، نرتدي الحجاب، بل إننا نحتاج إلى إذْن من أجل السفر. ولا يزال مجتمعنا عتيقًا في العديد من النواحي.

ولكن ثمة حقيقة أخرى أتوق إلى مناقشتها، حقيقة يعمى عنها العديد من زملائي الأجانب، وهي أن النساء في السعودية مارسوا العلوم ممارسة حقيقية، واعتُرِف بهذه الممارسة منذ وقت طويل.

راودتني أول فكرة بشأن إمكانية أن أصبح عالمة عندما دخلتُ المستشفى وأنا طفلة صغيرة في ثمانينيات القرن الماضي. كنت أعاني من حالة وراثية، وأحجمتُ عن تناول أدويتي. وبعد أن أُجريت لي جراحة في لندن، أعلن والديّ أنهما سيأخذاني إلى أفضل أخصائية وراثة في السعودية. جلستُ هناك أنتظر إلى جانب العشرات من الأطفال. بَدَوْا مختلفين جدًّا. البعض بدا بصحة جيدة، والبعض الآخر بدا طاعنًا في السن، أو كان عليهم التنفس عبر ثقوب في أعناقهم.

عندما وصلت الأخصائية، ذُهلت! كانت تقود مجموعة من الأطباء في جولة بالعيادة، وتُملي عليهم أشياء كانوا يكتبونها بنَهَم. كانت قوية وجادة، ولم تكن ترتدي الحجاب.

علمتُ فيما بعد أن نادية عوني سقطي أنشأت واحدًا من أوائل أقسام علم الوراثة في المملكة العربية السعودية. كان واضحًا كسبها لاحترام أقرانها، وفي المختبر كانت تُعامَل كأي رجل تمامًا. كانت نادية سقطي بمثابة عنصر أساسي في حياتي أثناء حداثتي. كنت محظوظة بتمكّن والديّ من اصطحابي إلى عيادتها كل شهر تقريبًا على متن رحلة طيران.

أردتُ أن أكون مثلها تمامًا.

بعد دراسة الطب في جامعة الملك عبد العزيز في جدة، درستُ في الخارج في إطار "برنامج الملك عبد الله للابتعاث الخارجي"، الذي أرسل إلى الآن أكثر من 200 ألف سعودي حول العالم؛ للدراسة في جامعات مرموقة، كطلاب جامعيين، وطلاب دراسات عليا، وباحثين إكلينيكيين لما بعد الدراسات العليا. وبالرغم من اشتراط سفر النساء مع مِحرم، فإن ما يقرب من نصف مُتَلَقِّي المِنَح كانوا من النساء.

عملتُ في كلية طب هارفارد، والمستشفيات التابعة لها في بوسطن بماساتشوستس، وجامعة جورج تاون بواشنطن العاصمة، وجامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو. كنت أعلم أن الولايات المتحدة رائدة في عِلْم الوراثة، وأردت الحصول على أفضل تعليم في العالم، لكنهم – بكل أسف - جعلوني أشعر أن كوني من دولة نامية، فتلك وصمة لا يمكن محوها.

رفض بعض زملائي الأمريكيين تصديق إمكانية أن أكون قد تلقيتُ تعليمًا وافيًّا في بلدي. كنت دائمًا أُسأل عما إذا كان بإمكاني التحدث بالإنجليزية، وإذا كنت قد تعلمتُ هذا المفهوم الأساسي أو ذاك في كلية الطب، أو - باعتباري امرأة سعودية - إذا كانت لديَّ مشكلة في العمل جنبًا إلى جنب مع الرجال. كان صادمًا أن أسمع هذه الأسئلة من أناس يعملون بمؤسسات تُعتبر في مصاف المؤسسات العالمية.

دعاني ذات مرة بعض زملاء العمل في مشروع جديد إلى ساعة ترفيه. كنت سعيدة بانضمامي إليهم، لكنني اعترفتُ بعصبيةٍ أنني لا أشرب الخمور، فاستخفّ بي عضو بارز في المجموعة قائلًا: "ماذا! هل أنت خائفة أن يقطعوا رقبتك عندما تعودين إلى بلدك؟"

لقد أوجعتني هذه التعليقات، فحتى ذلك الحين، كنتُ أشعر بالمساواة في المختبر، لكنني ذُكِّرت في تلك اللحظة بأني سأكون دائمًا مختلفة في نظرهم.

عندما سمعتُ عن مشروع الجينوم السعودي الوطني في عام 2014، عرفتُ أن عليَّ العودة إلى بلادي. أردت أن أعود إلى حيث أشعر بالانتماء؛ أن أكون بالقرب من عائلتي، وأن أساعد في فك شفرة جينوم أبناء وطني. فوجود أجيال من زواج الأقارب يعني احتواء السعودية على العديد من الاضطرابات الجينية النادرة. وقد توسعت المملكة في إنتاجيتها العلمية بسرعة كبيرة على مدار الأعوام الخمسة الماضية. وهي الآن تقع في التصنيف بين أيرلندا، والأرجنتين، من حيث مخرجات البحوث عالية الجودة، طبقًا لمؤشر *Nature*.

> جعلوني أشعر أنّ كوني من **دولة نامية،** فتلك **وصمة** لا يمكن محوها.

خلال أسابيع من عودتي، اتصلَتْ بي نادية سقطي، للترحيب بعودتي. وفي المختبر، يعاملني الجميع باحترام، وإنجازاتي وبحوثي العلمية تتحدث عن نفسها.

لا يمكنني دائمًا أن أجد ذلك في مكان آخر. ففي مؤتمر في أمريكا الشمالية خلال العام الماضي، وصفتُ حالة مريضة قمنا بعلاجها في مستشفى بالرياض، وهي فتاة في الخامسة من عمرها، تعاني من ورم في الدماغ. كنا قد استنفدنا كل الخيارات المتعارف عليها، واختارت عائلتها الرعاية في مرحلة الاحتضار.

وبعد مراجعة حالتها بعناية، والتأكد من سجلها الوراثي، والحصول على الموافقات الأخلاقية اللازمة، وإجراء حوار مُفصَّل مع والديها، أشرتُ على أحد أعضاء فريقي بعلاجها ببعض العقاقير التجريبية.

ثار طبيب أورام من أمريكا الشمالية عند سماعه حديثي، وسأل مستشيطًا من الغضب: "كيف تجرّأ فريقك على علاج هذه المريضة؟"، مفترِضًا أنه ليس لدينا المقدرة الإكلينيكية على إعطاء علاجات جديدة. وعندما استمع إلى بقية ما كنتُ أقوله عن الحالة؛ اعتذر لي.

مِن المهم أن يتذكّر العلماء في السعودية وغيرها من الدول النامية أن استخدام الصور النمطية ليس فعلًا واعيًا. وعلينا أن نكون مستعدين لمواجهته، وعلى علماء الدول الغربية أن يعملوا بجد؛ لتتجاوز رؤيتهم أفكارهم المُسبّقة.

في هذه الأثناء، حظيت الفتاة الصغيرة التي عالجناها بفرصة أخرى للحياة، وحالتها مستمرة في التحسن، وتداوم على أدويتها. ■

ملاك عابد الثقفي رئيسة أبحاث الجينوم في "مدينة الملك فهد الطبية"، وعالمة الأمراض العصبية في "مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية" بالمملكة العربية السعودية.

e-mail: malthagafi@kacst.edu.sa

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أضـواء على الأبحـاث مقتطفـات من الأدبيات العلميـة


ROBERT GENDLER/SPL

علم الفلك

مجرّة أندروميدا تحمل مفاجأة كبيرة

ربما تكون مجرّة أندروميدا - وهي الأقرب إلى درب التبانة - أخف وزنًا مما كان يَعتقِد علماء الفلك.

وكانت قياسات سابقة قد حددت كتلة مجرة أندروميدا بحوالي ضعف كتلة درب التبانة، رغم أن التقديرات تتراوح بين نحو تلك الكتلة، وحتى ثلاث مرات أثقل منها.

لتنقيح تلك التقديرات، قام براجوال كافلي، من جامعة غرب أستراليا في كراولي، وزملاؤه بدراسة حركة نجوم أندروميدا التي تدور حول مركز المجرّة. ومن خلال سرعات 86 نجمًا من أسرع نجوم أندروميدا، تمكَّن الباحثون من استنتاج حد السرعة المَجَرِّي، وهو الحدّ الذي قد يفلت النجم عنده من قوة جاذبية أندروميدا. وساعد ذلك الفريق في حساب كتلة أندروميدا، حيث تبلغ حوالي 800 مليار كتلة شمسية، ما يعادل كتلة درب التبانة.

يقول الباحثون إن الرقم المقدَّر قد يساعد على تفسير لماذا يدور عدد أقل من المجرّات التابعة حول أندروميدا من العدد الذي كان متوقَّعًا.

***Mon. Not. R. Astron. Soc.* 475, 4043–4054 (2018)**

التكنولوجيا الحيوية

اختباران لـ"كريسبر" يكشفان الأمراض

يمكن الكشف عن كميات ضئيلة من حمض نووي، وحمض نووي ريبي محدَّدَين باستخدام تقنية التحرير الجيني "كريسبر" CRISPR.

يَعتمِد اختباران قام بتطويرهما فريقان مستقّلان على آلية "كريسبر" الأساسية: وهي إنزيم بكتيري تصاحبه قطعة من الحمض النووي الريبي "الدليل" التي ترتبط فقط بأجزاء محددة من الحمض النووي، أو الحمض النووي الريبي. في نهجي الاختبار، أضاف الباحثون هذا المركّب المكون من الإنزيم والحمض النووي الريبي مع مؤشرات جزيئية إلى عينة من المادة الوراثية. فإذا وجد الحمض النووي الريبي الدليل هدفه – على سبيل المثال، قطعة حمض نووي ريبي من فيروس حمى الضنك - يتم تنشيط الإنزيم؛ ما يجعل المؤشرات تضيء.

تمكن واحدة من التقنيتين - وضعتها جنيفر دودنا بجامعة كاليفورنيا في بيركلي وزملاؤها - من التمييز بين سلالات متشابهة للغاية من فيروس الورم الحُلَيمي البشري. ومؤخرًا، تم تطوير التقنية الأخرى، التي أعلن عنها لأول مرة في العام الماضي فينج شانج - من معهد برود، التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وجامعة هارفارد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس - وزملاؤه؛ كي تُظهِر النتائج على شرائط اختبار ورقية ما يسمح باستخدام الاختبار في بيئات ميدانية، بعيدًا عن أي مختبر.

***Science* http://doi.org/ckmd; http://doi.org/ckmc (2018)**

الاستقلاب

السكر يذهب إلى الأمعاء

تساعد الأمعاء الدقيقة على حماية الكبد من الأضرار الناجمة عن نوع شائع من السكر، لكنّ نظام الدفاع يفشل عندما يتم استهلاك كميات كبيرة منه.

سعى جوشوا رابينوفيتز - من جامعة برينستون في نيو جيرسي - وزملاؤه إلى تتبُّع مصير الفركتوز، وهو نوع من السكر، موجود في الفواكه والمنتجات المحلاة، مثل المشروبات الغازية. قام الباحثون بتغذية فئران على الفركتوز الموسوم بنظير ثقيل من الكربون، وتتبعوا الإشارة. وكشف ذلك أنه عندما يتم تناول الفركتوز بكميات معتدلة، فإنه يتحول في الأمعاء الدقيقة إلى سكر الجلوكوز البسيط.

وعندما تناولت الفئران كميات كبيرة من الفركتوز - ما يعادل حوالي نصف علبة مشروب غازي من الذي يتناوله الإنسان - غمر السكر الأمعاء الدقيقة، دافعًا بعض الفركتوز، لتتم معالجته في الكبد، حيث يكون للسكر تأثير سُمِّيّ. وتم تقليل هذه الآثار العرضية على الكبد عندما تم تناوُل السكر والمعدة ممتلئة.

***Cell Metab.* 27, 351–361 (2018)**

علم الوراثة البصرية

السيطرة على الدماغ بلمسة ضوء

يمكن للجسيمات النانوية أن تمكِّن العلماء من التلاعب بالخلايا العصبية في الفئران، باستخدام الضوء، دون فتح جماجم الحيوانات.

يَستخدِم علم الوراثة البصرية الضوءَ لتفعيل البروتينات على سطوح الخلايا العصبية في الدماغ، وتحفز البروتينات بعد ذلك النشاط في الخلايا العصبية. يتطلب النهج الأكثر استخدامًا على نطاق واسع أن يتم زرع مسابر في الدماغ، وهذا ما حث شو تشن - من معهد رايكن RIKEN لعلوم الدماغ في واكوشي باليابان - وزملاءه للبحث عن تقنية أقل غزوًا.

وبالعمل على الفئران، قام الفريق بحَقْن جسيمات نانوية تستجيب للضوء في عمق منطقة بالدماغ تشارِك في حفظ الذاكرة. قام الباحثون بعد

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

STEVE GSCHMEISSNER/SPL

ذلك بتسليط ضوء الأشعة تحت الحمراء القريبة - التي يمكن أن تمر خلال العظام والأنسجة - على رؤوس الحيوانات. حَوَّلَت الجسيمات النانوية الشعاع إلى ضوء أخضر يميل إلى الزرقة، حَفَّز بدوره الخلايا العصبية التي تؤثر على كيفية استجابة الفئران لتهديد محتمَل.

يقول الباحثون إن هذه التقنية سوف تتيح إجراء تلاعب في مناطق الدماغ العميقة - باستخدام علم الوراثة البصرية - أقل غزوًا، مقارنة بما كان ممكنًا في السابق.

***Science* 359, 679–684 (2018)**

الكيمياء الحيوية

ميكروب ينتج سم قاتل

كَشَف العلماءُ الخطوات الأولى لعملية تخليق أحد الميكروبات لسم أعصاب قوي. ويمكن أن يساعد هذا السبق في جعل المركّب – واسمه "ساكسيتوكسين" - مفيدًا طبيًّا.

يُنْتَج الساكسيتوكسين من قِبَل البكتيريا المائية والعوالق. ورغم أن البشر قد يموتون من تناول المحار الملوث به، فإن نشاطه المخدر للأعصاب قد يجعله مفيدًا كمخدِّر طويل الأمد. وقد درست أليسون نارايان، من جامعة ميشيجان في آن أربور، وزملاؤها إنزيمًا يشارك في عملية تصنيع الساكسيتوكسين في البكتيريا *Cylindrospermopsis raciborskii T3*.

في البداية، حَدَّد الباحثون المكونات الكيميائية التي يستخدمها الإنزيم كمواد للتغذية، ثم قام الفريق بإطعام الإنزيم أشكالًا بديلة من أحد المكونات؛ ما أنْتَج سلائف للساكسيتوكسين، تختلف قليلًا عن السلف الذي يُنْتَج في الظروف الطبيعية.

وبإمكان السلائف المعدّلة تلك أن تؤدي إلى أشكال من الساكسيتوكسين، ضعيفة بما يكفي لتؤدي عملًا دوائيًّا، بدلًا من المفعول السُّمِّي.

***J. Am. Chem. Soc.* http://doi.org/ckkv (2018)**

علم البيئة

الأفاعي تحفظ البذور

ما زال يمكن للبذور التي يأكلها الفأر أن تنبت وتنمو؛ إذا ما أُكل الفأر من قِبَل أفعى جرسية.

فقد قام راندال ريزير - من جامعة كاليفورنيا في بيركلي - وزملاؤه بفحص 50 عينة من متاحف للأفعى الجرسية، تضم ثلاثة أنواع: لافة الجنب (*Crotalus cerastes*)، وأفعى موهافي الجرسية (*C. scutulatus*؛ في الصورة)، والأفعى الجرسية المرقّطة الجنوبية الغربية (*C. pyrrhus*).

اكتشف الباحثون في مَعِد الثعابين وأمعائها ما مجموعه 971 بذرة، كانت قد جَمَعَتها القوارض، مثل الفأر الجيبي (*Chaetodipus*)، قبل أن تبتلعها الثعابين.

لا يمكن أن تنبت البذور بعد مرورها من خلال الجهاز الهضمي للقوارض، لكن الفريق وجد بذورًا نابتة داخل أمعاء بعض الثعابين. ويشير هذا إلى أن الزواحف يمكن أن تنقذ - عن غير قصد - البذور التي تجمعها القوارض، وتخزنها في تجويف الخد لديها. ويقول الباحثون إن المفترسات - مثل الأفعى الجرسية - يمكن أن تساعد على نشر البذور القابلة للنمو بعيدًا عن النبتة الأم، ما يجعلها مهمة لديناميكيات النظام البيئي.

***Proc. R. Soc. B* 285, 20172755 (2018)**

DANIEL HEUCLIN/NPL

كيمياء

إنتاج البوليمرات بطريقة سهلة

لطالما كان تخليق السلاسل الجزيئية القوية - التي يُطلق عليها "بوليمرات متدرجة" - أمرًا صعبًا. ومؤخرًا، وجد فريق بحثي طريقة بسيطة لتصنيعها.

تشمل البوليمرات مكونات جزيئية مختلفة، مجمعة بشكل عشوائي، أو بأنماط معينة. وفي البوليمر المتدرج، يتغير تركيب البوليمر تدريجيًّا على امتداد طوله، من مكون واحد غالبًا إلى آخَر.

يُعتبر إنتاج البوليمرات المتدرجة مهمة شاقة. وفي خضم سعي الباحثين لحل هذه المشكلة، قام فريق بقيادة كاثارينا لاندفستر وفريدريك وورم - من معهد ماكس بلانك لبحوث البوليمرات في ماينتس بألمانيا - بعزل نوعين من الجزيئات العضوية في خليط يُسمى "مستحلَب"، تنتشر فيه قطيرات من سائل في سائل آخر. وتمكَّن الباحثون، من خلال استغلال الخواص الكيميائية المختلفة للجزيئات، من إذابة نوع من الجزيئات في السائل الرئيس، والنوع الآخر في القطيرات.

بدأت عملية البلمرة داخل القطيرات فقط. وحيث إن هذا المركّب كان يُستهلك تدريجيًّا، فقد أسفر هذا التغير في التركيز عن سَحْب كميات أكبر بكثير من المكون الآخر إلى السلاسل؛ ما خَلَق تأثير التدرج.

***Angew. Chem. Int. Edn* http://doi.org/cj44 (2018)**

علم الأحياء الدقيقة

أتباع ميكروبية لسرطان القولون

هناك نوعان من البكتيريا، موجودان في الأمعاء، قد يزيدا من خطر تحوُّل خلايا القولون إلى خلايا سرطانية (في الصورة)، وذلك وفقًا لدراسات تمَّت على الفئران، وعلى البشر.

تَفْصِل طبقة كثيفة من المخاط سطح القولون عن تريليونات البكتيريا الموجودة داخله. فقد قامت سينثيا سيرز - من جامعة جونز هوبكنز في بالتيمور في ميريلاند - وزملاؤها بدراسة عينات من نسيج القولون من أشخاص لديهم ميلٌ وراثي لتطوير السلائل، وهي زوائد صغيرة على جدران القولون. وجد الفريق أن السلائل غالبًا ما تحتوي على بُقَع من المخاط الذي غَزَتْه البكتيريا.



هيمن نوعان من البكتيريا على البقع، هما: *Escherichia coli* و*Bacteroides fragilis*، ويحمل كل منهما جينًا يشفر أحد السموم المحفزة للسرطان. وعندما تم إدخال نوعي البكتيريا في الفئران المعرَّضة للإصابة بالسرطان، تطورت الأورام في هذه الفئران بشكل أسرع من حيوانات المجموعة المُحكمة، التي زُرع فيها نوع واحد فقط من السلالتين البكتيريتين. كما كانت الفئران أكثر عرضة للموت خلال فترة الدراسة.

***Science* 359, 592–597 (2018)**

علوم الغلاف الجوي

حرائق الغابات لها تأثير بركاني

حَجَبَ الدخان المتصاعد من حرائق الغابات، التي اجتاحت أمريكا الشمالية في منتصف عام 2017، أشعةَ الشمس، وكأنه انفجار بركاني متوسط.

كان الدخان كثيفًا بشكل خاص في أغسطس عام 2017، حيث تأججت الحرائق في شمال غرب كندا، والولايات المتحدة. وتتَبَّعَت أجهزة الليزر في مرصد "هوت بروفانس" - بالقرب من قرية مرصد سانت ميشيل بفرنسا - طبقات جزيئات الدخان وهي تتحرك في السماء، وأكَّد القمر الصناعي "كاليبسو" CALIPSO القياسات من المدار. قام فريق بقيادة سيرجي كايكين -من معهد بيير سيمون لابلاس في جويانكور في فرنسا - بدراسة هذه البيانات، وأفاد بأن الدخان حجب أشعة الشمس أكثر مما فعل انفجار بركان ساريشيف الروسي في عام 2009. بلغ هذا الانفجار أربع درجات من ثمانٍ على مقياس يُستخدم لتقييم قوة الانفجارات البركنية.

يقول الباحثون إن الدراسات المستقبلية يمكن أن توفر نظرة ثاقبة للآليات التي أتاحت للدخان أن ينتقل إلى مسافات طويلة في الطبقة العليا من الغلاف الجوي (الاستراتوسفير).

***Geophys. Res. Lett.* http://doi.org/cj4q (2018)**

مواد

هلام مُرَمَّز بالألوان بهدف التشفير

يمكن ترميز المعلومات في مجموعة فسيفسائية من مكعبات الهلام المتألق، ويمكن التلاعب بها بسهولة عن طريق تغيير مواضع المكعبات.

أنتج جوناثان سيسلر - من جامعة تكساس في أوستن - وزملاؤه مكعبات هلام لزجة، تتوهج باللون الأحمر، أو الأزرق، أو الأخضر عندما تُضاء بالأشعة فوق البنفسجية. وعندما تم ضغط 25 مكعبًا معًا، التصقت المكعبات لتشكِّل مربعًا غير منتظم. وقام الفريق ببرمجة هاتف ذكي؛ ليقوم بفتح موقع معين على شبكة الإنترنت عندما يرصد الهاتف مربعًا ذا نمط لون معين.

استطاع الباحثون إخفاء المعلومات المشفرة، إمّا ماديًّا عن طريق إزالة مكعب هلام واحد، أو كيميائيًّا، عن طريق رشّ مركّب على المكعبات يطمس ألوانها. كما يمكن تقطيع هذه المجموعة الفسيفسائية، وإعادة ترتيب المكعبات؛ لتشكيل نمط يحفِّز فتح موقع آخر.

ويقول الباحثون إن المواد الهلامية اللينة تلك يمكن دمجها في الملابس الذكية.

Adv. Mat. **http://doi.org/cjt8 (2018)**

علم الميكانيكا الحيوية

قوة ركلة الجنين وأثرها

قام باحثون - للمرة الأولى - بحساب القوى الناتجة عن حركة الأجنّة البشرية، وآثار هذه القوى على الهيكل العظمي النامي.

عندما يرفس الجنين ويتلوَّى، تضغط تحركاته على هيكله العظمي، وتضع عليه جهدًا. ويُعتقد أن هذه القوى تحفِّز النمو الصحي للعضلات والعظام، لكنّ قياس آثارها بشكل مباشر كان صعبًا.

قامت نيف نولان - من كلية لندن الإمبراطورية - وزملاؤها بتحليل ركلات أجنّة، تتراوح أعمارهم بين 20 و35 أسبوعًا، وتم تسجيل حركاتهم باستخدام نوع متقدِّم من تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي. وبعد إنتاج نماذج حسابية لجدار الرحم، وأطراف الأجنّة، لاستنتاج القوى العضلية والآثار الهيكلية، وجد الفريق أن قوة الركلات زادت في الفترة بين 20 و30 أسبوعًا من الحمل، وانخفضت قوة الركلات في وقت لاحق من الحمل، لكنّ الضغط والإجهاد على الهيكل العظمي للجنين كانا عالِيَين خلال النصف الثاني من الحمل، ربما بسبب امتلاء الرحم، على حد قول الباحثين.

J. R. Soc. Interface **15, 20170593 (2018)**



ARNOLD DRAPKIN/ZUMA PRESS/ALAMY

المناخ

تقدُّم عُمْر الأُمَّة يهدد المناخ

تزداد انبعاثات الكربون، نتيجة لتحولات ديموغرافية تحدث في بعض البلدان سريعة النمو.

مع تقدُّم الناس في السن، أو زواجهم، أو مرورهم بتحولات حياتية جذرية، فهُم يغيِّرون طريقة قضائهم لأوقاتهم؛ ما يغيِّر بدوره أنماط استهلاكهم للطاقة. ومع ذلك، لم يتناول سوى القليل من الدراسات كيف تؤثر هذه التغيرات في استخدام الوقت على انبعاثات غازات الدفيئة.

استخدم باينج يو، ويي مينج وي، من معهد بكين للتكنولوجيا، وزملاؤهما بيانات من أول دراسة صينية واسعة النطاق لاستخدامات الوقت؛ من أجل نمذجة آثار تغيُّرَين ديموغرافيين متوقَّعَين في الصين، وهما: زيادة عدد الأُسَر المكوَّنة من فرد واحد، وفردين، والأُسَر التي تضم أشخاصًا تزيد أعمارهم على 65 عامًا.

درس الباحثون ما ستؤول إليه هذه التغيرات في سيتشوان (في الصورة)، وهي مقاطعة صينية أقل تقدمًا، مِن المتوقع أن يزيد عدد سكانها إلى 85 مليون نسمة في عام 2030. ووجد الباحثون أنه مع تقدُّم عُمْر الأُسَر، فإنها تتطلب المزيد من الطاقة لأغراض الطهي، والتدفئة، وغيرها من الاستخدامات. وفي سيتشوان، من المتوقع أن يؤدي ذلك وغيره من التغيرات الناجمة عن الاتجاهات الديموغرافية إلى انبعاث 35 مليون طن إضافي من ثاني أكسيد الكربون في عام 2030. ويُعزَى ما يُقَدَّر بحوالي 93% من هذه الزيادة إلى التغيرات في استخدام الناس للوقت.

Nature Energy **http://dx.doi.org/10.1038/s41560-017-0053-4 (2018)**

علم الروبوتات

روبوت صغير تحرِّكه الرطوبة

يدفع روبوت بسيط مستوحَى من الكائنات الحية نفسه إلى الأمام، عن طريق امتصاص الرطوبة من بيئته.

تحرك نباتات عديدة عن طريق تحريك السوائل خلال أنسجتها. وقد قام فريق بقيادة هو يونج كيم - من جامعة سيول الوطنية - بتصميم روبوت، يبلغ طوله بضعة سنتيمترات فقط، ويعمل وفق مبادئ مماثِلة.

يمتلك الروبوت الصغير ساقين، وجسمًا مكونًا من طبقتين: طبقة علوية تتمدد عندما تبلل، وطبقة سفلى خاملة. وعندما يوضع الروبوت على ورقة رطبة، يؤدي تمدد الطبقة العليا إلى أن يتقوس جسم الروبوت مبتعدًا عن السطح. وتجرّ هذه الحركة ساقه الخلفية إلى الأمام، وترفع الروبوت إلى الهواء الأقل رطوبة، حيث يجفّ. وبمجرد أن يجفّ، تتولى الحركة قُوَى الانقباض التي تبذلها الطبقة الخاملة. يرتخي جسم الروبوت إلى أسفل، وتتحرك ساقه الأمامية إلى الأمام، وتتكرر الدورة؛ ما يسمح للروبوت الصغير بالسير قدمًا إلى الأمام، مثل الدودة القيّاسة.

ويمكن تصميم روبوتات صغيرة مماثلة، تزحف على الجلد البشري الرطب، لأغراض طبية، كما يقول الباحثون.

Sci. Robot. **3, eaar2629 (2018)**

علم البيئة

المواد البلاستيكية تُمْرِض المرجان

تؤدي نفايات المواد البلاستيكية في المحيط إلى جعل المرجان الباني للشعاب عُرضة بشدة لعدة أمراض، قد تكون قاتلة.

فقد قامت جوليا لامب - من جامعة كورنيل في إيثاكا بنيويورك - وزملاؤها

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بمسح 159 حيدًا بحريًّا في منطقة آسيا والمحيط الهادئ؛ بحثًا عن علامات للمرض والتلوث من جرّاء المواد البلاستيكية، وتوصلوا إلى اكتشاف مذهل؛ حيث كان احتمال الإصابة بالمرض 4% فقط في المرجان الخالي من نفايات المواد البلاستيكية، لكنّ النسبة قفزت إلى 89% في المرجان المنكوب بتلك المواد.

ربما يكون الحطام بمثابة ناقل للمتلازمة البيضاء التي تدمِّر الأنسجة المرجانية، لأن البكتيريا التي تؤدي إلى تفشي المرض تجيد استعمار تلك المواد. وإضافة إلى ذلك، فإن الإضاءة المنخفضة، وانخفاض مستوى الأكسجين، اللذَين يحدثان عندما تستقر المواد البلاستيكية على المرجان يمثلان بيئة مواتية للميكروبات التي تسبِّب مرض الحزام الأسود، وهو مرض آخر مميت في كثير من الأحيان.

يبدو أن مادة البلاستيك مدمرة بشكل خاص للأنواع المتفرعة والمعقدة هيكليًّا من المرجان، التي توفر موائل مهمة لمصائد السمك في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، كما يقول الباحثون.

Science **359, 460–462 (2018)**

GETTY

سرطان

بالون لاكتشاف مؤشر حيوي

ربما يمثل بالونٌ مصغر، سهل البلع، وسيلة لفحص الأشخاص المعرضين لخطر الإصابة بالسرطان الغُدِّي في المريء، وهو نوع مميت من السرطان.

فقد قام سانفورد ماركوفيتز، من جامعة كيس ويسترن ريزيرف في كليفلاند بولاية أوهايو، وزملاؤه بتصنيع كبسولة بحجم قرص الأسبرين، تحتوي على بالون غير منفوخ. وبعد ابتلاع هذه الكبسولة، يمكن نَفْخ البالون في المعدة، ثم سَحْبه خلال المريء، وتفريغه من الهواء، قبل استخراجه ثانية من الفم.

استخدم الفريق البالون لجمع خلايا المريء؛ على أمل تحديد مؤشر حيوي لحالةٍ تُسمى (مرض مريء باريت)، التي غالبًا ما تسبق الإصابة بالسرطان الغدي في المريء. وأظهر تحليل جيني لخلايا أكثر من 400 شخص - منها عينات جُمعت باستخدام تقنية البالون - نمطًا من التعديلات في الحمض النووي، كشفَتْ بدقة عن 90% من الحالات المصابة بمرض مريء باريت.

يتم تشخيص هذا المرض حاليًّا عن طريق تمرير منظار من خلال الفم إلى المعدة. ويقول الباحثون إن طريقة البالون هذه إذا ما تم جمْعها مع عملية تحليل الحمض النووي، يمكن أن توفِّر تقنية فعالة بأقل قدر من التدخل الجراحي لفحص أعداد كبيرة من الناس.

Sci. Transl. Med. **10, eaao5848 (2018)**

الكيمياء الحيوية

قُرْص نانوي سُكَّري يستهدف الأورام

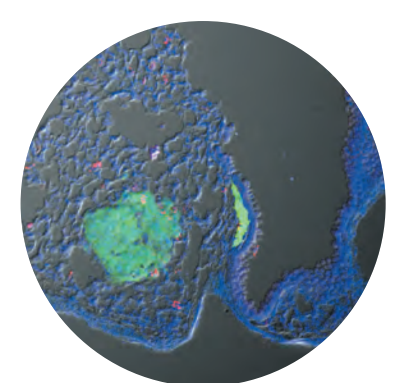
تم تصميم جسيمات نانوية تتسلل إلى الخلايا الورمية، وتُطلِق الأدوية المضادة للسرطان بداخلها، قبل أن تتحلل إلى منتجات ثانوية غير مؤذية.

فقد سعت كارين وولي، وجاستن سمولين - من جامعة تكساس إيه. آند إم. في كوليدج ستيشن - وزملاؤهما إلى تطوير جسيم نانوي حامل للدواء، يمكنه قتل الخلايا السرطانية، مع تقليل الأضرار الجانبية التي تلحق بالخلايا السليمة إلى أقصى درجة. وللقيام بذلك، أسَّس الفريق الجسيم النانوي على سكر الجلوكوز، الذي يتحلل إلى منتجات بسيطة.

حمّل الفريق الناقل النانوي بنسخة من دواء السرطان القوي "باكليتاكسيل"، الذي يتم تنشيطه بجزيئات توجد بكميات أكبر في الخلايا السرطانية منها في الخلايا الطبيعية. ويُعَدّ حجم الجسيمات النانوية (في الصورة، باللون الأحمر) مناسبًا تمامًا لاختراق الخلايا في أنسجة الرئة.

عندما استنشقت فئران مصابة بأورام منتشرة في رئاتها الجسيمات النانوية؛ تباطأ نمو النقائل؛ ما زاد الآمال الموضوعة على علاجات سرطان الرئة في المستقبل.

J. Am. Chem. Soc. **http://doi.org/cjt9 (2018)**



L. SU ET AL./J. AM. CHEM. SOC.

الأمراض المعدية

وفيات الظباء مرتبطة بالحرارة

حولّت الظروف المناخية عدوى بكتيرية - ليست ضارة عادةً - إلى فاشية خطيرة قتلَتْ أكثر من 60% من ظباء السايجا في العالم.

توفي أكثر من 200 ألف من ظباء السايجا (*Saiga tatarica tatarica*، في الصورة) في كازاخستان، مِن جرّاء عدوى فتّاكة على مدار 3 أسابيع في شهر مايو عام 2015. وقد قام ريتشارد كوك، من الكلية الملكية للطب البيطري في لندن، وزملاؤه بإجراء فحوص التشريح لجثة 33 حيوانًا، وحددوا أن الجاني هو نوع من البكتيريا (*Pasteurella multocida*)، تسببت في نزيف داخلي كبير.

هذه البكتيريا لا تضر عادةً حيوانات السايجا السليمة، ما يشير إلى أن عاملًا بيئيًّا ربما جعل الميكروب أكثر خطورة. وقد قام الفريق بتحليل بيانات الطقس من عام 1979 إلى منتصف العقد الثاني من القرن الواحد والعشرين، وهي فترة شهدت ثلاثة أحداث وفاة جماعية لحيوان السايجا في الأعوام 1981، و1988، و2015. ووجد الباحثون أن انتشار الميكروب كان مرتبطًا بدرجات حرارة ومستويات رطوبة يومية مرتفعة نسبيًّا.

يقول الباحثون إن هناك حاجة إلى إدارة دقيقة؛ لحماية الجماعات المتبقية من هذا النوع المهدَّد بالانقراض، وخاصة في مواجهة تغيُّر المناخ.

Sci. Adv. **4, eaao2314 (2018)**

السلوك البشري

التعرف على الوجوه المريضة في لمحة

يمكن للناس التعرف على الاختلافات الطفيفة في مظهر الجلد، والفم، والعينين، كعلامات على الإصابة بالمرض. درّس جون أكسلسون، من جامعة ستوكهولم، وزملاؤه ما إذا كان الناس يستطيعون اكتشاف المرض في الآخرين، في ظل غياب السلوكيات المرتبطة بالعدوى، مثل السعال. وعرضوا صورًا على متطوعين غير مدربين لرجال ونساء، التُقِطَت بعد ساعتين من الحَقْن، إمّا بدواء وهمي، أو جزيء بكتيري يحفز استجابة مناعية قوية.

صَنَّف الناس الذين رأوا هذه الصور لمدة لا تزيد عن خمس ثوان الوجوه على أنها إمّا مريضة، أو غير مريضة، وذلك بدِقّة أكبر مما لو اختاروا عشوائيًّا. وكان الجلد الشاحب والجفون المتدلية أقوى مؤشرات المرض.

قد تكون القدرة على الكشف عن علامات المرض المبكرة قد تطورت كوسيلة؛ لتجنب التفاعل عن قرب، عندما يكون خطر العدوى داهمًا.

Proc. R. Soc. B **285, 20172430 (2018)**

طاقة

السيارات الكهربائية قد تدمِّر شبكة الكهرباء

تحظى السيارات الكهربائية التي تعمل بالشحن بالإشادة؛ وذلك لانخفاض انبعاثاتها، لكنها قد تسبِّب مشكلات لشركات مَرافق الخدمة العامة بالتسبُّب في زيادة مفاجِئة في الطلب على الطاقة.

نزعت الدراسات السابقة إلى افتراض أن السائقين سيقومون بشحن هذه المَركبات عندما يكون الطلب الإجمالي على الطاقة في أدنى مستوياته.

استخدم ماتيو موراتوري، من مختبر الطاقة المتجددة الوطني الأمريكي في جولدن بولاية كولورادو، نماذج حاسوبية؛ للتنبؤ بما سيحدث، إذا قام السائقون بتوصيل سياراتهم بالمقبس بمجرد وصولهم إلى منازلهم.

وجد موراتوري أنه إذا امتلك كل منزل في حي سكني مكوَّن من ست أُسَر سيارة كهربائية واحدة، فإن ذروة الطلب على المحولات الكهربائية التي تخدم هذا الحي يمكن أن ترتفع بنسبة تصل إلى 60%. وهذا يكفي لتقصير عمر المحول.

ويقول موراتوري إن الدراسات المستقبلية ينبغي أن تَدْرُس استعداد السائقين لتأجيل الشحن إلى الفترات التي يكون الطلب على الطاقة منخفضًا فيها.

Nature Energy **http://doi.org/cjnk (2018)**

ثلاثون يومًا موجز الأخبار

نشر

خادم ما قبل الطباعة

أَطلَق الاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي خادمًا كبيرًا لما قبل الطباعة لعلوم الأرض في الثامن من فبراير الماضي. والخادم المسمى الأرشيف المفتوح لعلم الأرض والفضاء هو موقع مجتمعيّ مجانيّ لنشر مسودات النتائج البحثية، وكذلك العروض التقديمية للمؤتمرات، مثل الملصقات. ويعمل خادم منافِس، اسمه "إيرث أركيف" EarthArXiv، منذ أكتوبر الماضي تحت رعاية منظمة "سنتر أوف أوبن ساينس" في شارلوتسفيل بولاية فيرجينيا. ويُعَد الخادمان أول مبادرتين كبيرتين لاختبار تقبُّل العلماء المتخصصين في علوم الأرض لنموذج النشر المفتوح، الذي كانت الريادة في طرحه لخادم الفيزياء "أركيف" arXiv.

اتفاقات «إلسيفير»

بعد مفاوضات طويلة، توصّل اتحاد الجامعات الفنلندية إلى اتفاق مع دار النشر العلمية «إلسيفير» بشأن الوصول إلى محتوى الدوريات غير المجانية. كان الاتحاد (المعروف اختصارًا باسم FinELib) قد سعى للتوصّل إلى اتفاق مع دار النشر الهولندية؛ للوصول إلى المحتوى غير المجانيّ للدوريات بجميع أنحاء الدولة، وذلك بعد نشوب خلاف حول رفع أسعار الاشتراكات. وقالت دار النشر «إلسيفير» - في السابع عشر من يناير الماضي - إنها وقَّعت اتفاقًا يمتد إلى ثلاث سنوات مع اتحاد FinELib من شأنه إتاحة وصول خمس وثلاثين مؤسسة فنلندية إلى 1,850 دورية على قاعدة بيانات «إلسيفير» على الإنترنت، المسماة «ساينس دايركت». وذكر الاتحاد أن قيمة الاتفاق تُقَدَّر بحوالي 27 مليون يورو (33 مليون دولار أمريكيّ). وفي الأسبوع السابق، توصّلت «إلسيفير» إلى اتفاق مشابه مع اتحاد يضم 300 جامعة ومكتبة كورية جنوبية، كانت قد اشتكت من الارتفاعات في الأسعار. وفي سياق متصل، ما زالت المؤسسات الألمانية تُجْري مفاوضات - امتدت طويلًا - بشأن الحصول على رخصة على المستوى الوطنيّ.



THOM BAUR/REUTERS

"فالكون هيفِي" يحطم الأرقام القياسية

أطلقت شركة «سبيس إكس» - الواقعة في هاوثورن بولاية كاليفورنيا - أقوى صاروخ تجاريّ على الإطلاق في السادس من فبراير الماضي. أقلع الصاروخ فالكون هِيفِي بمحركاته السبعة والعشرين من مركز كينيدي للفضاء، التابع لوكالة ناسا في فلوريدا، وقذف السيارة الكهربائية الرياضية الخاصة بإيلون ماسك - مؤسس شركة سبيس إكس - في مدار حلقيّ حول الشمس. عاد اثنان من معزِّزات الدفع الثلاثة بالصاروخ إلى الأرض، وهبطا بنجاح؛ ما سجَّل خطوة أخرى إلى الأمام نحو تحقيق أهداف سبيس إكس المتعلقة بالقابلية لإعادة الاستخدام، إلا أن معزز الدفع الثالث تحطم في المحيط الأطلنطي، عندما لم يشتعل بعض محركاته مثلما كان مُخَططًا. بثّت سبيس إكس صورًا على الهواء مباشرة لسيارة ماسك وهي تبتعد شيئًا فشيئًا عن الأرض، إلى أن أرسلَتْها آخِر شعلة محرِّك إلى مسار سيأخذها في النهاية إلى موقع قريب من المريخ.

سياسات

مناهضة التحرش

يتعين الآن على المؤسسات البحثية، التي تتلقى أموال المنح من مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية، أن تُبلغ المؤسسة في حال اكتشافها ارتكاب أيٍّ من الباحثين الذين يحصلون على تمويل منها لتحرش جنسيّ. تُلزِم كذلك السياسة، التي أعلنتها مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية في الثامن من فبراير الماضي، المؤسسات بالإبلاغ في حال إعطاء باحثين إجازة إدارية مرتبطة باتهامات أو وقائع تتعلق بالتحرش الجنسي، وكذا تطالبها بتقديم لوائح واضحة تعرِّف السلوك غير اللائق. وستدخل هذه الاشتراطات حيز التنفيذ بعد انقضاء المدة المخصصة لتلقِّي تعليقات الجمهور، التي تمتد إلى ستين يومًا. ولا تُلزِم الهيئات البحثية الحكومية بالولايات المتحدة - بوجه عام - الهيئات التي تتلقى أموال المنح أو موظفيها بالإفصاح عن اتهامات التحرش الجنسي، أو نتائجها. وللاطلاع على المزيد، انظر: go.nature.com/2euvrrr.

جامعات

مراجعة الرسوم الدراسية

أعلنت تيريزا ماي، رئيسة وزراء المملكة المتحدة - في التاسع عشر من فبراير الماضي - أن حكومتها ستُجْري مراجعة للرسوم الدراسية الخاصة بالتعليم العالي. في عام 2012، ضاعفت الحكومة السابقة - التي كان يقودها حزب المحافظين - الرسوم السنوية بالجامعات ثلاثة أضعاف في كل من إنجلترا، وويلز؛ مما أثار جدلًا؛ إذ تبلغ حاليًّا 9,250 جنيهًا إسترلينيًّا (12,960 دولارًا أمريكيًّا). ستنظر المراجعة فيما إذا كانت الدورات الدراسية التي تُدار بتكلفة أقل، كتلك الخاصة بالفنون والعلوم الإنسانية، يجب أن تكون أقل سعرًا من الدورات الدراسية الخاصة بالعلوم والهندسة، أم لا. يرى النقاد أن الرسوم الدراسية الأعلى قد تثني الطلبة عن الحصول على شهادات علمية، وأن الأقسام البحثية قد تعاني نتيجة لذلك. وسوف تستمر المراجعة حتى بداية عام 2019.

شخصيات

اختيار رائدة فضاء

أُختيرت سوزانا راندال، عالمة الفلك بالمرصد الجنوبي الأوروبي في جارشينج بألمانيا، لتصل إلى الدور

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

النهائي في مبادرة خاصة لتدريب أول رائدة فضاء ألمانية. ستحل راندال محل مرشحة أخرى تركت المشروع الذي يُعرَف باسم "داي أسترونوتين". ستتنافس راندال مع إنسا ثيل إيتش، عالمة الأرصاد الجوية بجامعة بون، وابنة رائد الفضاء الألماني جيرهارد ثيل بوكالة الفضاء الأوروبية، للحصول على فرصة للتحليق على متن محطة الفضاء الدولية. أعلن المرصد الجنوبي الأوروبي عن هذا الاختيار في السادس عشر من فبراير الماضي.

وفاة مؤلفة بارزة

توفيت كاتبة قصص الخيال العلميّ والفانتازيا الأمريكية، أورسلا كيه. لُو جوين، في الثاني والعشرين من يناير الماضي، عن عمر يناهز 88 عامًا. ولُو جوين (في الصورة) هي ابنة لاثنين من علماء الأنثروبولوجيا، وكانت تطرح كثيرًا في قصصها قضايا التمييز العنصريّ والجنسيّ، وكذلك موضوعات علم الاجتماع. ففي العوالم المستقبلية الخيالية التي كتبت عنها، مثل عالَم "هاينيش"، الذي انتشر فيه البشر على عدد من الكواكب، وتطوروا عليها على نحو مختلف، اشتهرت لُو جوين باستكشاف التفاعلات الاجتماعية أكثر من التطورات التكنولوجية المعهودة في قصص الخيال العلميّ. وقد تضمنت سلسلة قصص الفانتازيا «إيرث سي»، التي كتبتها لُو جوين على مدار أربعة عقود، ساحرًا مبتدئًا صغير السن. وتُوصَف كثيرًا هذه السلسلة بأنها سالفة لسلسلة هاري بوتر، للمؤلفة جي كي رولينج.



ROGER TILLBERG/ALAMY

أحداث

دكتوراة موجابي

أُلقي القبض على نائب رئيس جامعة زيمبابوي، ليفي نياجورا، في السادس عشر من فبراير الماضي، لدوره المشتبه فيه في مَنْح درجة الدكتوراة لسيدة زيمبابوي الأولى السابقة، جريس موجابي، عن دون جدارة كما يُدعَى. حصلت زوجة الرئيس المخلوع روبرت موجابي على درجة الدكتوراة في علم الاجتماع من المؤسسة الجامعية في عام 2014. شكك الموظفون في مصداقية الدرجة العلمية آنذاك بدعوى أن موجابي كانت قد أتمّت العمل عليها في غضون ثلاثة أشهر فقط. نشرت الجامعة الأطروحة في شهر يناير الماضي، بعد أن فتحت جهة مسؤولة عن مكافحة الفساد في زيمبابوي تحقيقًا في الأمر. وأُطلِق سراح نياجورا بكفالة، غير أنه من المتوقع خضوعه للمحاكمة في الخامس من مارس، وفقًا لما ذكره الإعلام المحلي، الذي أضاف أن كلود مارارايك - المشرف على موجابي - سيتعرض للاعتقال بدوره.

تصنيع نظير

اعتمدت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية - في الثامن من فبراير الماضي - تقنية جديدة لإنتاج نظير طبي شائع، دون استخدام اليورانيوم المُخصّب. يُستخدَم النظير تكنيشيوم-99 إم في 80% تقريبًا من إجراءات التصوير التشخيصيّ الطبيّ في الولايات المتحدة، بيد أن الدولة اعتمدت كليًّا على الواردات الأجنبية في توفيره خلال العقود الثلاثة الماضية، لكن السوق العالميّ شهد اضطرابًا، بسبب حالات النقص في توفر المادة في الأعوام الأخيرة، ما نجم جزئيًّا عن عمليات غلق المفاعلات النووية بالخارج. تَستخدِم شركة «نورثستار للنظائر المشعة الطبية» في بلويت في ويسكونسن عنصر الموليبدينوم-98 المتاح طبيعيًّا، الذي يمتص النيوترونات في المفاعلات النووية، ويتحول إلى موليبدينوم-99، وهو مادة مصدرية تتحلل إلى تكنيشيوم-99 إم.

تصاريح الخصوبة

حصلت امرأتان على تصريح لإجراء إخصاب في الأنابيب، يُسمَّى "علاج تبديل الميتوكوندريا"، الذي يَستخدِم الحمض النووي الخاص بثلاثة أشخاص، لتكونا بذلك أول امرأتين في المملكة المتحدة يُصرَّح لهما بذلك. يحدّ هذا العلاج من انتقال أمراض وراثية معينة، ناجمة عن طفرات في الحمض النووي الخاص بالميتوكوندريا من الأم إلى جنينها. وقد شرَّعت المملكة المتحدة الإجراء في عام 2015، بعد إجراء تصويت في البرلمان، لكن على الراغبين في الخضوع لهذا الحصول على موافقة فردية من الجهة التنظيمية لعلاجات الخصوبة بالدولة؛ وهي "هيئة الإخصاب البشري، وعِلم الأجنة. وسيُنفَّذ الإجراء للامرأتين في مركز نيوكاسل للخصوبة.

سياسة

لائحة الميثان

في الثاني عشر من فبراير الماضي، اقترح مكتب إدارة الأراضي بالولايات المتحدة، مراجعة لائحة تُلزِم منتجي النفط والغاز بخفض كمية الميثان الذي يحرقونه، أو يبعثونه في الهواء. تتعامل شركات الحفر عادةً مع غاز الميثان - أحد غازات الدفيئة القوية - على أنه من النفايات، لأنه أقل قيمة من النفط. كانت اللائحة الأصلية، التي انتهت من وضعها إدارة الرئيس الأمريكي باراك أوباما في 2016، تهدف إلى خفض كمية المخلفات، والتصدِّي لتغيُّر المناخ. والمراجعات المقترحة، التي يضغط قطاع النفط والغاز لإجرائها، ستستبعد الاشتراطات الجديدة للحدّ من النفايات. تَدَّعي الحكومة الأمريكية حاليًا أن لائحة عام 2016 فرضت تكاليف إضافية على قطاع النفط والغاز، وستمنع تحقيق "الهيمنة الأمريكية على الطاقة".

اختبار إصابات الدماغ

وافقت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية - في الرابع عشر من فبراير الماضي - على أول اختبار دم للكشف عن ارتجاج المخ. يقيس الاختبار - الذي يُعرَف باسم مؤشر الإصابات الدماغية - مستويات بروتينين يفرزهما الدماغ بعد التعرض لإصابة. وحتى الآن، لزم على الأطباء إجراء مسح دماغي لتشخيص الارتجاج، بيد أن الكثير ممن يعانون من إصابات دماغية لا تبدو عليهم علامات إصابة مرئية. تقول الشركة المنتجة للاختبار، "بانيان بايوماركرز" في سان دييجو بولاية كاليفورنيا، إن درجة دقة الاختبار تبلغ 97.5% في التنبؤ بإصابة دماغ المريض من عدمه، ما قد يساعد الأطباء على تحديد ما إذا كان إجراء مسح على الدماغ ضروريًّا، أم لا.

مراقبة الاتجاهات

تكشف بيانات أولية أصدرها موقع القرصنة الإلكترونية العلمي «ساي هاب» Sci- Hub أن مستخدمي الموقع حمَّلوا أكثر من 150 مليون ورقة بحثية منه في عام 2017. شملت البيانات 329 يومًا في عام 2017، وأشارت إلى تزايد شعبية الموقع، رغم الأحكام القضائية والجهود الساعية لتقييد الوصول إلى المحتوى. ويشير إصدار سابق للبيانات يغطي ستة أشهر في الفترة بين عامي 2015، و2016 إلى أن المستخدمين أجروا ما يقرب من 150 إلى 200 ألف عملية تحميل يوميًّا، مقابل 460 ألف عملية تحميل يوميًّا في العام الماضي، وذلك وفقًا لتحليل أجراه عالِم البيانات باستيان جريشاك تزوفاراس بمختبر لورانس بيركلي الوطنيّ في كاليفورنيا.

زيادة التحميل من موقع "ساي هاب"

شهد عام 2017 أعلى معدلات استخدام موقع قرصنة الأوراق البحثية «ساي هاب» على الإطلاق، على الرغم من الأحكام القضائية الصادرة ضده، وغلق بعض النطاقات عليه.

أيام العمل | أيام العطلات الأسبوعية

عدد عمليات التحميل من الموقع (بالآلاف)

800
600
400
200
0

21 يونيو
دار النشر "إلسيفير" تحصل على تعويضات من "ساي هاب" عن الأضرار التي لحقت بها فيما يتعلق بحقوق الطبع والنشر

21 نوفمبر
غلق العديد من النطاقات بموقع "ساي هاب"

يناير فبراير مارس إبريل مايو يونيو يوليو أغسطس سبتمبر أكتوبر نوفمبر ديسمبر
2017

SOURCE: SCI-HUB/BASTIAN GRESHAKE TZOVARAS, LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأخبار من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

nature
astronomy



OPEN FOR SUBMISSIONS!

Nature Astronomy will be a truly multidisciplinary journal for the field, representing — and fostering closer interaction between — all of the key astronomy-relevant disciplines, by publishing the most significant research, review and comment at the cutting edge of astronomy, astrophysics and planetary science.

Topics covered in the journal include:

Galaxies, clusters and cosmology
Exoplanets
Stars
Interstellar medium
Inner planets
Giant planets
Rings and moons
Asteroids, comets and Kuiper belt
Planetary system dynamical modelling
Meteoritics
Astrochemistry and astrobiology
High-energy astrophysics
Computational astrophysics
Solar physics
Instrumentation and optics

Consider submitting your next research paper to the journal.

nature.com/natureastronomy

SPRINGER NATURE

أخبـــار في دائرة الضـوء



AARON HUEY/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE

دراسات الجينومات القديمة يمكنها أن تساعد على تفسير أنماط الهجرة في الأمريكتين، والتنوع الوراثي بين الأمريكيين الأصليين.

أبحاث

تطلُّعـات عـام 2018

رحلات إلى القمر، وجينومات قديمة، ومواجهات في مجال النشر العلمي.. موضوعات عديدة تشكِّل عام 2018.

بيانات كونية

قد يقلّ غموض التدفق الراديوي السريع كثيرًا عندما تبدأ التجربة الكندية لقياس كثافة الهيدروجين (CHIME) في العمل بكامل طاقتها هذا العام. ويأمل علماء الفلك في استخدام هذه التجربة؛ لرصد العشرات من هذه الظواهر يوميًّا؛ لزيادة الحصيلة الحالية لما رُصِد منها، التي تبلغ إجمالًا بضع عشرات فقط. وفي شهر إبريل، سينقضّ علماء الفلك على مجموعة البيانات الثانية القادمة من مهمة «جايا» Gaia، التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية، التي ستكشف موضع وحركة ما يزيد على مليار نجمة في درب التبانة. وقد تساعد البيانات على تحسين فَهْمنا للتكوين الحلزوني للمجرّة.

الأمريكيون القدماء

ربما تساعد النتائج، التي يُتَوَقَّع أن يتوصل إليها عدد كبير من دراسات الجينوم القديم في عام 2018، على تفسير كيفية انتشار البشر عبر الأمريكتين. ويتطلع العلماء إلى تضييق نطاق التقديرات الخاصة بوقت انتشار البشر في المنطقة، الذي بدأ قبل 15 ألف عام تقريبًا، وطريقة ذلك الانتشار، كما يتطلع العلماء إلى تحديد توقيتات الهجرات اللاحقة، ومساراتها. وربما تساعد الدراسات أيضًا على تفسير التنوع الوراثي الذي نلحظه في مجتمعات الأمريكيين الأصليين اليوم.

تجديد وحدات القياس العلمية

بعد عقود من العمل، سوف تنطلق إشارة البدء لإعادة تعريف أربع وحدات قياس في وقت لاحق من عام 2018. وسوف يصوِّت مبعوثون من 58 دولة في المؤتمر العام للأوزان والمقاييس، الذي سوف يُعقد في نوفمبر المقبل، على اعتماد تعريفات جديدة لوحدات الأمبير، والكيلوجرام، وكلفن، والمول. وسوف تستند هذه التعريفات إلى قيم دقيقة لثوابت أساسية، بدلًا من الاستناد إلى التعريفات التقديرية، أو الموجَزة. وفي حال الموافقة على التغييرات، فإنها سوف تُفَعَّل في شهر مايو من عام 2019.

إلى القمر وما أبعد منه

بينما تعمل وكالة «ناسا» على تنفيذ قرار الرئيس الأمريكي دونالد ترامب بإعادة إرسال رواد فضاء إلى القمر، ستحاول وكالتان فضائيتان أخريان إنزال مركبتين على سطح القمر. ففي أوائل العام الحالي (2018)، ستسجل المهمة الهندية «تشاندرايان 2» Chandrayaan-2 المحاولة الأولى للبلاد لإجراء هبوط مُوَجَّه في الفضاء. وفي شهر ديسمبر من العام نفسه، سوف تنطلق المهمة الصينية «تشينج 4» Chang'e-4؛ لتصبح المسبار الأول من نوعه الذي يستهدف الجانب البعيد من القمر. وفي منطقة أخرى من المجموعة الشمسية، سوف تصل المهمة «هايابوسا 2» Hayabusa-2 - التابعة للوكالة اليابانية لاستكشاف ◄

الفضاء الجوي - للكويكب البدائي «ريوجو» Ryugu بحلول شهر يوليو المقبل، كما تستعد المهمة «أوزيريس ريكس» Osiris-Rex - التابعة لوكالة «ناسا» - للوصول إلى الكويكب «بينو» Bennu في أواخر هذا العام (2018). وسوف تجلب المهمّتان عينات إلى الأرض خلال العقد القادم.

الصورة الأشمل للسرطان

ربما يصل العلماء خلال هذا العام إلى فَهْم متعمق للجينات المنظِّمة للسرطان، بينما يعملون عن كثب ضمن جهود واسعة النطاق لوضع تسلسل جينومات كاملة لسرطانات متعددة. كما سيحصلون على نتائج من مشروع آخر كبير لوضع التسلسل، يُعرف باسم «أطلس جينوم السرطان»، وسيُصْدِر نتائج تحليله للمناطق التي ترمز للبروتينات، وتُسمَّى الإكسوم، في 33 نوعًا من الأورام.

علامات فارقة للمناخ

ستقدِّم الدول التي وَقَّعت على اتفاقية باريس للمناخ لعام 2015 موجزًا لما أحرزته من تقدُّم نحو الوفاء بالتزاماتها الفردية لخفض انبعاثات غازات الدفيئة، أملًا في إبقاء متوسط درجة الحرارة العالمية أعلى من مستويات عصر ما قبل الصناعة بحوالي 1.5-2 درجة مئوية، وذلك كجزء من تقرير "الحوار التيسيري لعام 2018". كما ستُصْدِر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تقريرًا خاصًا، يقدِّم لمحة عن عواقب ارتفاع درجة الحرارة 1.5 درجة. وفي شهر سبتمبر، سوف يَعقِد حاكم كاليفورنيا، جيري براون، مؤتمرًا كبيرًا للمناخ؛ دعمًا لاتفاقية باريس.

التصوير الفائق

تَوَقَّعْ إجراء مجموعة كبيرة من الدراسات حول كيفية نشوء المادة في الظروف القصوى، مثلما يحدث في لُبِّ الكواكب. وسوف تُمَكِّن أدوات جديدة بمَرافق جهاز ليزر الأشعة السينية حر الإلكترون (XFEL) حول العالم العلماء من تصوير عيِّنات تتغير عند مُعَدَّلَي درجة حرارة وضغط مرتفعين. وربما تصير دراسة التفاعلات الحيوية والكيميائية أقل كلفة، بعد افتتاح مَرافق XFEL الأولى للتجارب الصغيرة بالسنكروترون الإلكتروني الألماني بالقرب من هامبورج، وبجامعة ولاية أريزونا في تمبي.



HEINER MUELLER-ELSNER/FOCUS/EYEVINE

مرفق جهاز ليزر الأشعة السينية حر الإلكترون (XFEL)، الموجود بالقرب من هامبورج بألمانيا.

لعبة السُّلطة

اقتربت انتخابات منتصف المدة في الولايات المتحدة. ويشير التاريخ إلى أن أيًّا ما كان الحزب الذي يسيطر على البيت الأبيض - الجمهوري في هذه الحالة – فإنه سيخسر على الأرجح مقاعد في الكونجرس، لكنْ ليس واضحًا إنْ كان الديمقراطيون سيتمكّنون من الفوز بما يكفي من المقاعد في مجلسي النواب أو الشيوخ، للحصول على الأغلبية في أي منهما، أم لا. وستتجه الأنظار كذلك إلى العدد غير المسبوق من العلماء المرشَّحين لشغل وظائف محلية وفيدرالية، وعلى مستوى الولايات. وعلى صعيد آخر، ستدخل المملكة المتحدة المرحلة الثانية من مفاوضات (بريكست)؛ لتحديد شكل التعاون العلمي للبلاد مع الاتحاد الأوروبي، بعد خروج المملكة المتحدة منه في عام 2019.

حروب في مجال صناعة الفضاء

تتنافس عدة فرق، قد يصل عددها إلى خمسة، للحصول على جائزة «لونار إكس برايز» Lunar XPrize، التي تقدِّمها شركة «جوجل»، وتبلغ قيمتها 30 مليون دولار أمريكي. وأمام الفرق مهلة حتى الواحد والثلاثين من مارس، لإنزال أول مَرْكَبة مموَّلة بتمويل خاص على القمر، وإجراء مناورة بها، ثم إرسال صور إلى الأرض. كما تنوي شركتا الفضاء الجوي «بوينج» Boeing، و«سبيس إكس» SpaceX إطلاق أولى رحلاتهما المزودة بطاقم إلى محطة الفضاء الدولية، لصالح وكالة «ناسا»، وذلك بحلول شهر نوفمبر المقبل.

علاج الأمراض

تتنامى الجهود الرامية إلى استخدام أدوات التحرير الجيني - مثل تقنية «كريسبر-كاس9» CRISPR–Cas9 - في التطبيقات الطبية. وسوف تنتهي المرحلة الأولى من التجارب الإكلينيكية لتطبيق التقنية في البشر، التي تتضمن تحرير الخلايا المناعية لعلاج سرطان الرئة، في شهر إبريل. وسوف تعمل شركات مثل «لوكاس بايوساينسز» Locus Biosciences في «ريسيرش ترايانجل بارك» بولاية نورث كارولاينا، وشركة «إليجو بايوساينس» Eligo Bioscience في باريس، على تنفيذ تجارب باستخدام فيروسات معدَّلة وراثيًّا، يُطلَق عليها اسم "عاثيات بكتيرية"، لتسخير نظام كريسبر لمواجهة البكتيريا المقاوِمة للمضادات الحيوية. ومن المقرر البدء في إجراء التجربة الأولى، التي تَستخدِم خلايا جذعية مستحثة متعددة القدرات (iPS) لعلاج مرض باركنسون، في كيوتو باليابان مع نهاية العام الحالي.

الجسيمات تركب الأمواج

حان الوقت لإطلاق طريقة جديدة لتسريع الجسيمات. فقد أثبت علماء يعملون على تجربة «أويك» AWAKE في المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات «سيرن»، بالقرب من جنيف بسويسرا، أن المبدأ المبنيّ عليه اقتراح بتسريع إلكترونات على موجة من البلازما مبدأ صحيح. والآن، عليهم فعليًّا تنفيذ ذلك، وقد تقود التقنية - في حال نجاحها - إلى إنتاج مصادمات أصغر حجمًا، وأقل تكلفة.

الوصول المفتوح

تُرى مَن سيكون الخاسر في تلك الأزمة الواقعة بين العلماء الألمان، وعملاق مجال النشر «إلسيفير» Elsevier؟ سيفقد ما يقرب من 200 معهد ألماني القدرة على الوصول إلى دوريات «إلسيفير» العلمية، بدءًا من الأول من يناير، حتى وصول الطرفين إلى اتفاق في تلك المعركة الدائرة بينهما منذ فترة طويلة حول أسعار الاشتراكات. وفي سياق متصل، سيراقب مناصرو الوصول المفتوح مصير موقع Sci-Hub، الذي يوفر وصولًا مجانيًّا غير مصرح به لملايين البحوث التي يَستلزِم الوصول إليها سداد اشتراكات، وذلك بعدما قضت محكمة أمريكية في شهر نوفمبر الماضي بحَجْب بعض النطاقات (domains) الخاصة به. ■

تجميع: إليزابيث جيبني

الصحة العامة

علماء كيب تاون يتأهبون لـ«يوم الصِّفْر»

مع استفحال أزمة المياه، يخطط الباحثون لتعديل الدراسات، وإعطاء الأولوية للصحة العامة.

إيمي ماكسمِن

أصاب جودي ميلر الهلع بشأن أزمة المياه، التي تلوّح في الأفق في كيب تاون بجنوب أفريقيا، على نحو غير متوقع في أيام من المفترَض أنها عادية. فتقول ميلر، وهي عالمة مياه في جامعة ستيلينبوش: "كنت أصنع بعض الكعك في عطلة نهاية الأسبوع، وحرقتُ إصبعي بصينية الخبز، فوضعته سريعًا تحت صنبور المياه. ماذا سنفعل عندما لن تنزل مياه من الصنبور؟"

تُقدِّر حكومة كيب تاون مجيء «يوم الصفر» في 12 إبريل. وهو اليوم الذي تصبح فيه كيب تاون أول مدينة كبرى في العالَم تنفد منها المياه، بعد انخفاض منسوب الخزانات إلى مستوى لا يمكن معه توفير مياه صالحة للشرب. تعاني المدينة من أسوأ جفاف عرفته على مدار القرن الماضي. ومع بقاء أقل من 80 يومًا على انقطاع المياه - على الأرجح

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



رمالٌ جافة، وجذوع أشجار ميتة في خزان مياه شبه فارغ بالقرب من كيب تاون في جنوب أفريقيا.

- عن كل الخدمات، ما عدا الأساسية منها، يهرع العلماء لتحديد كيف ستؤثر الأزمة على بحوثهم، وحياتهم اليومية. وتكاد المعلومات تكون معدومة عن كمية المياه التي يمكن للجامعات أن تستمدها من المصادر البلدية، أو الخاصة، وعن مدة توفرها. والباحثون المحليون قلقون أيضًا من كيفية تأثير أزمة المياه على العاملين معهم، وعلى المدينة بأسرها.

يعلّق موسى مايلنجا - وهو عالِم بيولوجيا خلوية في جامعة كيب تاون - على الأمر قائلًا: "يحتاج العِلْم إلى نظام بيئيّ يعمل بكفاءة. إنه أمر شديد الأهمية".

تشهد كيب تاون حاليًّا عامها الثالث من الجفاف الشديد الذي قضى على مخزونها من المياه السطحية التي تعتمد عليها، لكن الكثيرين من سكانها يرون أن فكرة «يوم الصفر» لم تتحول إلى حقيقة، إلا في يوم 18 يناير الماضي، عندما أعلن عمدتهم أن "المدينة وصلت إلى نقطة اللاعودة". حتى ذلك الحين، كانت المدينة تأمل في أن تتمكن الإجراءات التطوعية للحفاظ على المياه من تفادي الأزمة، حتى يبدأ هَطْل أمطار الشتاء، وتتفجر ينابيع جديدة، وتعمل محطات معالجة المياه، لكنّ مياه خزانات كيب تاون جفت على نحو أسرع من المتوقع؛ فلم تحافظ المنازل والأعمال على المياه بالقدر الذي أَمِلت فيه الحكومة في أثناء الصيف الجاف الحالي.

ووفقًا لخطة كيب تاون الموضوعة للتعامل مع هذه الكارثة، سيذهب ما يتبقى من مياه في الخزانات في «يوم الصفر» - عندما تنخفض مستويات المياه، لتصل إلى 13.5% من سعة الخزانات - إلى المستشفيات والمستوطنات غير الرسمية، التي تعتمد فعليًّا على حنفيات المياه العمومية. وسيكون على معظم سكان كيب تاون، الذين يبلغ عددهم نحو 4 ملايين نسمة، الحصول على مخصصاتهم من المياه من 200 نقطة توزيع، وهو الوضع الذي يخشى عمدة المدينة من أن يؤدي إلى حدوث فوضى.

صرّحت جامعة كيب تاون مؤخرًا - وتحديدًا في 18 يناير الماضي - بأنها في هذه المرحلة "لا تواجه خطر الاضطرار إلى تقليص أي أنشطة بحثية، نتيجةً لأزمة المياه"، لكن الباحثين في هذه الجامعة وفي مؤسسات أخرى قريبة ليسوا على هذه الدرجة من الثقة. فهم متلهفون لمعرفة ما إذا كانوا سيستطيعون الوصول إلى مياه البلدية، بعد انقطاع المياه، أم لا. ومع أن بعض الباحثين قد يتمكنون من جلب صهاريج مياه من أماكن أخرى في البلد، إلا أن تكلفة هذه الصهاريج وتَوَفُّرها يمكن أن يجعلا الاستمرار في هذا الإجراء أمرًا صعبًا.

وتقول فاليري ميزراهي، باحثة الأمراض المعدية في جامعة كيب تاون: "تُجري جامعة كيب تاون ومؤسساتها الشقيقة حاليًّا نقاشات مكثّفة مع مدينة كيب تاون؛ لاستيضاح الأمر بشأن مقدار المياه التي ستحصل عليها هذه الجهات".

نقص في التمويل والاستعداد

يذكر كيفين وينتر، مدير "فريق العمل المعنيّ بالمياه" في الجامعة - وهو الفريق الذي يدير استعمال المياه فيها - عدة أسباب للقصور في استعداد المؤسسات المختلفة للأزمة. فأعضاء هيئة التدريس عادوا لِتَوِّهِم من العطلة الصيفية، بالتزامن مع اشتداد وطأة الأزمة. وبرغم أن الجامعات قد نظرت في استراتيجيات توفير المياه في الماضي، ومنها أنظمة إعادة تدوير المياه، يقول وينتر إنّ الميزانيات المتقشِّفة جعلت تطبيق هذه الخطط صعبًا. فعلى سبيل المثال، استجابت الجامعات في السنوات الأخيرة لاحتجاجات الطلبة المُطالِبين بالتعليم المجانيّ، وذلك بالموافقة على تثبيت رسومهم الجامعية، برغم التضخم. ويضيف وينتر: "ليس من السهل تخصيص مليوني دولار، أو ثلاثة ملايين دولار لأنابيب، ومضخات، ومسوح جيولوجية؛ فنحن نشقّ طريقنا بصعوبة في ظل أزمةٍ كان من الممكن درؤها، لو كانت لدينا الوسائل لفعل ذلك".

«يحتاج العِلْم إلى نظام بيئيّ يعمل بكفاءة. إنه لأمر شديد الأهمية».

يضع العلماء في جميع أنحاء كيب تاون الآن خطط طوارئ لمختبراتهم. والخطوة الأولى هي تقدير كمية المياه التي سيحتاجون إليها لتلبية متطلباتهم الأساسية، مثل العناية بحيوانات التجارب. وسوف تُعطَى أفضلية للتجارب التي تَستهلك مياهًا أقلّ على تلك التي تتطلب قدرًا أكبر من المياه. ويستعد باحث طب حيويّ واحد على الأقل لنقل بعض الدراسات إلى مختبرات أجنبية. ويُقيِّم كثير من الباحثين الرئيسين مخاطر إجراء التجارب التي يمكن أن تُعَرِّض الناس لحريق، أو إصابة كيميائية، حين تشح المياه.

تُعَد كيب تاون مركزًا لبحوث فيروس نقص المناعة البشرية، والسُّل، وستستمر العناية الطبية المرتبطة بهذه الدراسات، لكن أزمة المياه يمكن أن تعوق التوعية الاجتماعية المتعلقة بقضايا الصحة العامة. تقول ليندا-جيل بيكر - نائبة مدير «مركز ديزموند توتو لفيروس نقص المناعة البشرية» - إنه ستترتب عواقب وخيمة على إيقاف جهود مجموعتها الرامية إلى تقديم خدمات الصحة الإنجابية للشابات اللاتي يزيد خطر حَمْلهن وإصابتهن بفيروس نقص المناعة البشرية في سن المراهقة. وتخشى بيكر من ألّا يتمكّن العاملون معها من العمل، إذا كان عليهم الانتظار في طوابير طويلة كل يوم؛ للحصول على مياه لبيوتهم. وتقول: "أخطط للاتصال بمكتب العمدة هذا الأسبوع؛ لمعرفة ما إذا كان بإمكاننا التوصل إلى حلّ، أم لا".

تحدَّث روبرت ويلكينسون - مدير مركز وِيلْكَم لبحوث الأمراض المُعدية في أفريقيا بجامعة كيب تاون - إلى دورية *Nature* من سوبرماركت، كان المتسوقون يتخاطفون فيه زجاجات المياه قبل وصولها إلى الرفوف. كان ويلسون قد ناقش - في وقت سابق من ذلك اليوم - مع زملائه كيفية تقليص تجاربهم الإكلينيكية بحلول «يوم الصفر»، بحيث يستمر المشاركون في التجارب في الحصول على الرعاية الطبية، لكن مع تقليص البحوث. فقد يطلب العلماء مثلًا عينات أقل من سوائل الجسم؛ من أجل توفير المياه اللازمة لمعالجتها، بل ولتخزينها أيضًا.

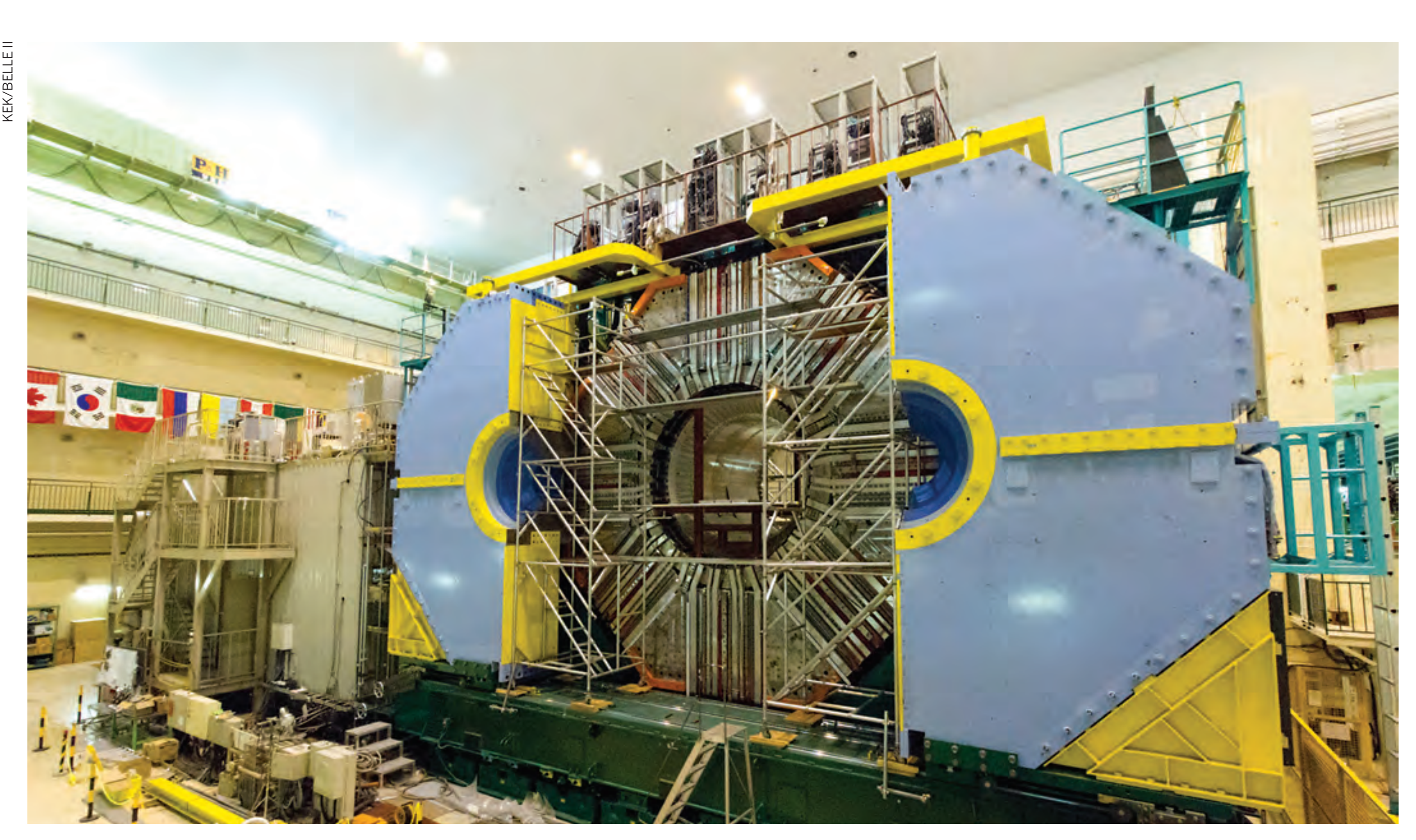
ويقول ويلكينسون إنه إذا كان الماء شحيحًا؛ وجب إعطاء الأولوية القصوى للحفاظ على الصحة. ويتابع قائلًا: "أفكر بالتالي في إمكانية حدوث أمراض منقولة بالمياه، في حالة عدم تمكُّن الناس - خاصةً الذين يواجهون ظروفًا معيشية صعبة ماديًّا - من الحفاظ على الصحة الشخصية والمؤسسية". ويشعر ويلكينسون بالقلق أيضًا على اقتصاد المدينة، الذي يعتمد على السياحة والزراعة.

تُسَاوِر المخاوف ذاتها ميلر، التي أصابها شيء من القلق، عندما سكبت مؤخرًا إناء من المياه المعاد تدويرها على أرض فنائها الترابية الجرداء. تقول ميلر: "لقد بقيت المياه في مكانها، ولم تمتصها الأرض، لأنها كانت شديدة الجفاف". فكَّرَت ميلر كيف يمكن أن يؤدي الجفاف والحرائق إلى انهيارات أرضية وفيضانات عند هَطْل الأمطار، وكيف يمكن للأنابيب أن تتصدع عند بقاء خطوط الضخّ جافة لمدة طويلة. وتقول: "بصراحة، لا أستطيع استيعاب ما يحدث، مدينة كبرى تنفد منها المياه! ثمة عواقب وخيمة لذلك". ■

تنويه

أرجأ المسؤولون «يوم الصفر» إلى التاسع من يوليو بعد فرض قيود على استهلاك المياه.

KEK/BELLE II



تجربة «بيلي 2» في منظمة بحوث المسرّعات عالية الطاقة (KEK) في تسوكوبا باليابان.

فيزياء الجسيمات

مصـــادم يستهــدف ملء الفجــوات بِبِنْيــة العمــل الفيزيــائي

سوف تبحث تجربة «بيلي 2» Belle II اليابانية عن القطع الناقصة في النموذج المعياري.

إليزابيث جيبني

من المنتظر في شهر فبراير 2018 أن تنشط الجهود في اليابان لاستكشاف حدود الفيزياء، وذلك عندما تبدأ حِزَم الإلكترونات عالية الطاقة في تحطيم نظيراتها من المادة المضادة في واحد من أفضل مختبرات المسرِّعات في العالم. تهدف التجربة التي تُسمى «بيلي 2» Belle II إلى تتبع الإشارات النادرة والواعدة للظواهر الجديدة، التي من شأنها أن توسع النموذج المعياري، وهو أحد النظريات الفيزيائية الناجحة بشكل ملحوظ، لكن غير المكتملة، التي تقوم بتوصيف المادة، والقوى.

من المقرر في شهر فبراير 2018 أيضًا أن تبدأ المنظمة اليابانية لبحوث المسرِّعات عالية الطاقة KEK في تسوكوبا عملية أوَّلية بإجراء سلسلة من التصادمات على مدار ستة أشهر. والهدف النهائي هو رسم مخططات عالية الدقة لتَحَلُّل الميزونات من النوع «بي» (B-mesons)، التي تحتوي على لَبِنَة بناء أساسية من الطبيعة، تُعرف باسم كوارك «بي» (b quark؛ حيث الحرف b يرمز إلى كلمة beauty، أو bottom بالإنجليزية، وتعني «جميل»، و«سُفلِي»، على التوالي).

يستند هذا العمل إلى ترصُّد الميزون «بي»، الذي أُجري خلال تجارب تشمل تلك التي تتم في مصادم الهادرونات الكبير (LHC) بمختبر «سيرن» CERN، وهو المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات، الواقع بالقرب من جنيف بسويسرا. تسعى الجهود هذه وتلك للبحث عن التأثير الخفي لأيّ جسيمات، أو عمليات جديدة على طرق تحلُّل الجسيمات المعروفة إلى جسيمات أخرى.

شهد علماء الفيزياء بمصادم الهادرونات الكبير على بعض الدلائل المثيرة للاهتمام لخروج محتمَل عن النموذج المعياري، كان آخرها في عام 2017 (The LHCb collaboration *et al*. *J*. *High Energ*. *Phys*. **2017**, 55; 2017). يقول توم براودر - وهو فيزيائي في جامعة هاواي في مانوا، والمتحدث باسم تجربة اليابان - إنّ الضجة حول تلك النتائج قد أثارت اهتمام الباحثين النظريين بتجربة «بيلي 2»، ودفعت مجموعات جديدة إلى الانضمام إلى هذا التعاون الدولي.

فيزياء أكثر نظافة

إنّ حدوث التصادم سيكون في تجربة «بيلي 2» أكثر نظافة ودقة من ذلك الخاص بتجربة مصادم الهادرونات الكبير، ويُدعى LHCb، لأن تجربة LHCb تحطِّم البروتونات بتصادمها مع بعضها البعض، ويتكون كل منها من ثلاثة كواركات، وبذلك يكون التصادم الحادث فوضويًّا، لكن «بيلي 2» سوف تقوم بمصادمة الإلكترونات والبوزيترونات مع بعضها البعض، وكل منهما جسيمات أساسية، ولذلك، لا يمكن تحطمها أكثر إلى جسيمات أصغر.

ستكون «بيلي 2» قادرة على دراسة التحلل المنطوي على جسيمات النيوترينو بعيدة المنال، والفوتونات التي يصعب التحقق منها عن طريق تجربة LHCb. ويمكن لهذا أن يساعد التجربة في اكتشاف أدلة حول الجسيمات الافتراضية، كالإصدارات المشحونة من بوزون هيجز - وهو جسيم تم اكتشافه في مصادم الهادرونات الكبير في عام 2012 - وجسيمات مثل الأكسيون، وهو شكل من أشكال المادة المظلمة، يُعتقد أنه يتفاعل مع المادة بشكل ضعيف للغاية فقط، كما يقول براودر. ويضيف: "هناك بالتأكيد منافسة بين التجربتين، لكنهما متكاملتان أيضًا".

سيعمل المصادم الذي يقوم بتغذية تجربة «بيلي 2» على ضغط الجسيمات بحزمة ضيقة، يبلغ عرض مقطعها 50 نانومترًا فقط، وهو تَقَدُّم سيؤدي إلى معدل تصادم أعلى 40 مرّة عما حققه سلفه في المنظمة اليابانية «KEK».

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

سيساعد هذا تلك التجربة على استكشاف قدر كبير من الجسيمات الغريبة المكتشَفة مؤخرًا، والمكونة من أربعة أو خمسة كواركات - وهي الكواركات الرباعية والخماسية على التوالي - وسيساعدها على التنقيب في تحلُّل كوارك «بي» النادر، بحثًا عن أي تفضيلات غير معروفة حتى الآن لتفضيل إنتاج المادة على المادة المضادة. وسيمكِّن هذا الفيزيائيين من استكشاف الإشارات المثيرة للاهتمام في الفيزياء التي وراء النموذج المعياري، وهي نظرية تم التحقق منها مرارًا وتكرارًا مِن خلال التجارب التي تتم منذ سبعينيات القرن الماضي، بيد أنها تفشل في تفسير الجاذبية، أو مجموعة أخرى من المعضلات.

تُنتِج تجارب المصادم رزازًا من جسيمات عديدة، يمكنها أن تحيا لأجزاء قليلة من الثانية، قبل التحلل إلى جسيمات أخرى. وقد رصدت تجربة LHCb جسيمات تنتج بمعدلات غير متوقعة في عدد قليل من عمليات التحلل، التي تنطوي على تحوّل ميزونات «بي» معينة إلى إلكترونات، وأبناء عمومتها الأثقل، التي تُدعى ميونات، وتاوات.

يقول جيوفاني باساليا - وهو فيزيائي بالمعهد الوطني للفيزياء النووية في فلورنسا بإيطاليا، والمتحدث باسم تجربة LHCb - إنه رغم أن كل اكتشاف وحده يمكنه بسهولة أن يشكل اضطرابًا إحصائيًّا، لكنها مجتمعة قد اكتسبت اهتمامًا، فالاكتشافان - بشكل عام - يشيران إلى النقطة نفسها، وهما مبنيّان على اكتشافات متشابهة من تجربتين سابقتين، هما: تعاوُن بابار بمختبر المسرِّع الوطني سلاك SLAC في مينلو بارك بكاليفورنيا، وسلف «بيلي 2» في المنظمة اليابانية «KEK»، كما يقول. ويضيف: "لذلك، يبدو أن هناك بعض الترابط في تلك الانحرافات، ما يجعلها أكثر إثارة للاهتمام من غيرها".

«سيمكِّن هذا الفيزيائيين من استكشاف الإشارات المثيرة للاهتمام في الفيزياء التي وراء النموذج المعياري».

جدول زمني للّحاق بالسباق

ومع ذلك، فإن «بيلي 2» سوف تحتاج إلى اللحاق بتجربة LHCb، التي يقوم المسرِّع الخاص بها بإنتاج ميزونات «بي» أكثر وهو يعمل منذ عام 2009. ستستغرق «بيلي 2» حوالي عام كامل؛ لجمع بيانات كافية للتنافس مع تجربة LHCb، وذلك بمجرد بدء البرنامج الفيزيائي الكامل في بداية عام 2019. وفي الوقت نفسه، ستقوم تجربة LHCb بجمع البيانات من شهر مايو، حتى إيقافها للتحديث في شهر نوفمبر. وبحلول ذلك الوقت، مِن المفترض أن تكون قد رصدت تحلُّل كاف لتبديد الإشارة المحتملة، أو دفعها إلى ميدان الاكتشاف. يقول براودر: "أملنا أن نجعل الآلة والكاشف يعملان بسرعة كافية؛ كي نستطيع اللحاق بهما".

ويقول براودر إن السباق لحصاد اكتشاف سوف ينتهي إلى تبيان أيّ تحلل قد ثبت أنه الأكثر كشفًا للحقائق. وحتى إذا ما تمكنت تجربة LHCb من الوصول إلى الاكتشاف أولًا، فإن تأكيد صحة الفيزياء الجديدة الصادرة من تجربة «بيلي 2» سيكون "ضروريًّا للغاية"، كما يقول باساليا. وتعني الاختلافات بين التجربتين أن «بيلي 2» قد تساعد الفيزيائيين على تحديد ما وراء أي تفاعل جديد، وبالقطع استبعاد الخطأ التجريبي نهائيًّا. ويقول: "وبذلك سنكون متأكدين من أنها فيزياء جديدة حقًّا، لأنه سيتم رصدها عن طريق تجربة مختلفة تمامًا في بيئة مختلفة تمامًا". ■

الأمن الحيوي

رَفْع الحظر عن دراسات مُسَبِّبات الأمراض

الولايات المتحدة تسمح بالعمل الذي يجعل الفيروسات أكثر خطورة.

سارة ريردون

رَفَعَت الحكومة الأمريكية حظرها المثير للجدل على تمويل التجارب التى تجعل مُسبِّبات أمراض معينة أكثر فتكًا أو قابليةً للانتقال. ففي التاسع عشر من ديسمبر الماضي، أعلنت معاهد الصحة الوطنية الأمريكية (NIH) أن العلماء أصبح بإمكانهم مجددًا استخدام الأموال الفيدرالية في إجراء أبحاث "اكتساب الوظائف" على مُسبِّبات الأمراض، مثل فيروسات الإنفلونزا. إلا أن طلبات الباحثين للحصول على المِنَح ستخضع لمزيد من التدقيق، مقارنةً بما كان عليه الأمر في الماضي، حسبما جاء عن معاهد الصحة الوطنية أيضًا.

يقول فرانسيس كولينز - مدير معاهد الصحة الوطنية الأمريكية - إن الهدف هو توحيد "عملية صارمة، نرغب حقًّا في التأكد من تنفيذنا لها على نحو صحيح".

يُنْهِي إعلان معاهد الصحة الوطنية الأمريكية قرارًا بتعليق أبحاث اكتساب الوظائف، بدأ في أكتوبر 2014. آنذاك، رأى بعض الباحثين أن الحظر الذي فرضته معاهد الصحة - الذي خَصَّ الأبحاث على الفيروسات المُسبِّبة للإنفلونزا، والمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة، ومتلازمة الشرق الأوسط التنفسية (ميرس) - كان واسع النطاق أكثر من اللازم. شملت المشروعات التي أوقفتها السياسة - البالغ عددها 21 مشروعًا - دراسات عن الإنفلونزا الموسمية، والجهود المبذولة لتطوير اللقاحات. في نهاية المطاف، سمحت معاهد الصحة لعشر دراسات منها باستئناف عملها، لكنْ لا تزال ثلاثة مشروعات تَستخدِم فيروس متلازمة الشرق الأوسط التنفسية، وثمانية مشروعات تتناول الإنفلونزا غير مؤهلة للحصول على مِنَح الحكومة الأمريكية حتى الآن.

دراسات اكتساب الوظائف «خاطرت بالتسبُّب في حدوث جوائح عارضة».

وخلال فترة نفاذ الحظر، درست معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، وهيئات حكومية أخرى التكاليفَ والفوائد التي ينطوي عليها السماح بإجراء مثل هذه الأبحاث. وفي عام 2016، خَلُص المجلس الاستشاري العلمي الوطني للأمن الحيوي - وهو هيئة مستقلة، تقدِّم المشورة للجهة التي تتبع لها معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، وهي وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية (HHS) - إلى أن عددًا قليلًا جدًّا من تجارب اكتساب الوظائف المموَّلة من الحكومة يشكِّل تهديدًا كبيرًا على الصحة العامة.

تحدِّد السياسة الجديدة إطارًا، ستستخدمه وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية في تقييم الأبحاث المقترحة، التي قد تُنتِج مُسبِّبات أمراض ذات قدرة على إحداث الجوائح. فقد ينطوي هذا العمل على تحوير أحد الفيروسات؛ ليصيب المزيد من الأنواع بالعدوى، أو إعادة إنتاج مُسَبِّب أمراض، كان قد تم اجتثاثه من البرية، مثل الجُدري. على أنه توجد بعض الاستثناءات؛ فتطوير اللقاحات، والترصُّد الوبائي لا يستدعيان تلقائيًّا مراجعة وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية.



EYE OF SCIENCE/SPL

يمكن تحوير فيروسات الإنفلونزا في المختبر.

تتضمن الخطة قائمة بالعوامل المقترحة كي تنظر فيها وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية، ومنها تقييم مخاطر المشروع وفوائده، وتحديد ما إذا كان الباحث والمؤسسة قادرَين على أداء العمل بشكل آمِن، أم لا. وتشير الخطة كذلك إلى أن التجربة يُفترض ألا تستمر، إلا في حال لم تكن هناك طريقة بديلة أكثر أمانًا لتحقيق النتائج نفسها.

وفي نهاية عملية التقييم، يمكن أن توصي وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية بالمضيّ قدمًا في العمل، أو تطلب من الباحثين تعديل خطتهم، أو تقترح على معاهد الصحة الوطنية رفض التمويل. وستفصِل معاهد الصحة الوطنية كذلك في القيمة العلمية للبحث المقترَح، قبل اتخاذ قرار بشأن منح التمويل.

لطالما كانت مزايا أبحاث اكتساب الوظائف موضوع نِقاش العلماء، وقد يؤدي القرار الجديد إلى فتح باب النقاش من جديد. يقول يوشيهيرو كاواوكا - عالِم الفيروسات في جامعة ويسكونسن ماديسون، الذي تأثر عمله بقرار التعليق - إن الإطار الجديد "إنجاز مهم". وينوي الآن كاواوكا - الذي يدرس كيف يمكن للتغيرات الجزيئية في فيروس إنفلونزا الطيور أن تسهل تمرير العدوى من الطيور إلى البشر - التقدّم بطلب للحصول على تمويل فيدرالي لإجراء تجارب باستخدام نُسَخ حية من الفيروس.

إلا أن مارك ليبسيتش - عالِم الأوبئة في كلية هارفارد تي إتش تشان للصحة العامة في بوسطن بولاية ماساتشوستس – يقول إن دراسات اكتساب الوظائف "لم تفعل شيئًا يُذكَر تقريبًا لتحسين استعدادنا لمواجهة الجوائح، بل إنها خاطرت بالتسبُّب في حدوث جوائح عارضة".

ويرى ليبسيتش أنه يتعين عدم إجراء مثل هذه التجارب على الإطلاق. أمّا إذا كانت الحكومة ستموِّلها، فعندئذ يجدر أنْ يُوجَد مستوى آخر من المراجعة. ■



ALAIN BEAUVILAIN

هيكلٌ متحجِّر، اكتُشِف في تشاد في عام 2001، وأثار الباحثون أسئلةً حول عَظْمة الفَخذ فيه (العظمة الطويلة في يمين منتصف الصورة).

علم الإنسان القديم

اكتشافات عَظْمِ الفخذ تبقى سرًّا

وجهةُ نظرٍ جديدة حول أصل الإنسان تكافِح كي تنال القبول.

إوين كالاوي

في اجتماع العلماء المتخصصين في عِلم الإنسان في فرنسا، الذي انعقد في نهاية شهر يناير الماضي، لم تكن واحدة من أكثر الحفريات إثارة في مجال دراسة تطوُّر الإنسان مطروحة على جدول الأعمال. كانت عَظمة الفخْذ، البالغة سبعة ملايين سنة تقريبًا[1]، قد تم فحصها قبل أكثر من عقدٍ مضى من قِبَل علماء في مدينة بواتييه الفرنسية، لكنْ لم يُقدَّم لها وصف شامل في ورقة بحثية منشورة حتى الآن.

ربما تنتمي هذه الحفرية إلى أشباه البشر (hominin) الأقدم المعروفين، وهم مجموعة تشمل البشرَ وأقاربهم المنقرضين. لم يطّلع على الحفرية سوى قليل من الأشخاص، وعالِمَين اثنين فقط كانا قد حلَّلا العَظْمة بشكلٍ سريع في عام 2004، أعَدّا وصفًا أوليًّا لها. وكان العالِمانِ يأملان أن يقدما نتائج تحليلهما في المؤتمر الذي تنظمه جمعية باريس الأنثروبولوجية، وانعقد في بواتييه، لكنّ العرض الأوّلِي الذي تقدَّم به روبرتو ماكياريلّي، المتخصص في علم الإنسان القديم بجامعة بواتييه، وأُودي بِرجريت، مديرة متحف «فيكتور-برون» للتاريخ الطبيعي في مونتوبان بفرنسا، رُفِضَ من قِبَل مُنظّمي المؤتمر.

"هذه العينة مهمة حقًّا، وحاسِمة"، كما يقول ماكياريلّي الذي أطلع فريق الأنباء بدورية *Nature* على تقريره غير المنشور. تنتمي عظمة الفخذ هذه - على الأرجح - إلى نوع يُسمَّى *Sahelanthropus tchadensis*، كما يقول. وترجع أهميتها إلى أنها يمكنها أن تحسم ما إذا كان هذا النوع هو أقدم نوع من أشباه البشر يُعثر عليه حتى الآن، أم لا، مثلما ادعى مكتشفوه بعد تحليل الجمجمة[2]. ويضيف ماكياريلّي: "هذه مناسَبةٌ رائعة لإخْبار الناس أخيرًا بما لدينا، وما نعرفه عن هذه العينة".

وقد قالت جمعية باريس الأنثروبولوجية لدورية *Nature* إنها رَفضَت ستةً من بين خمسةٍ وستين ملخَّصًا بحثيًّا قُدم لهم. وصرحت بأن "الاختيار يتم من قِبل لجنة علمية مستقلة وغير منحازة، وهي صاحبة السلطان في قرارها. ومن ثَمَّ، فإن أيَّ اتهام حول الرفض لن يكون له أساس".

اكتُشِفَت عظمة الفخذ الخاصة بالنوع *Sahelanthropus* في الصباح الباكر من يوم 19 من شهر يوليو عام 2001، بجوار جمجمةٍ محطَّمة وعظام أخرى في موقع بصحراء جوراب شماليّ تشاد، كما يقول ألان بوفيلان، وهو عالِم متقاعد متخصص في الجغرافيا، قاد الفريق الميداني الذي توصل إلى الاكتشاف.

ومن جانبه، يرى ميشيل برونيت - المتخصص في عِلم الحفريات بجامعة بواتييه، وكان على رأس البعثة التشادية التي اكتشفت بقايا *Sahelanthropus* - أن هذا النوع هو أقدم الأنواع التي تمثل سلالة أشباه البشر.

وَصف فريقُه الجمجمة – التي أُعطِيَت لقب «توماي» Toumaï، ويعني «أمل الحياة» في لغة الدازا التشادية – في بحث[2] نُشر في دورية *Nature* في عام 2002، وكان بمثابة قنبلة علمية ضخمة. وأشار تحليلٌ لاحِقٌ للجمجمة وقِطَع أخرى، أجراه برونيت وفريقه، إلى أن توماي كان - في الغالب - يمشي قائمًا على رجلين[3]. وقد امتنع برونيت عن التعليق على تحليل عظمة الفخذ، أو على جهود ماكياريلي وبرجريت، لتقديمها في مؤتمر بواتييه. "ما يزال العمل في دراساتنا جاريًا"، هكذا كتب في رسالة أرسلها عبر البريد الإلكتروني، مضيفًا: "ليس لدينا ما يُقال قبل النشر".

> «هذه مناسَبةٌ رائعةٌ لإخْبار الناس أخيرًا بما لدينا وما نعرفه».

وقد شكَّكَ باحثون آخرون في ما إذا كان توماي في الحقيقة جزءًا من السلالة التي أفضت إلى ظهور البشر، مشيرين إلى حفرياتٍ من إثيوبيا وكينيا، اكتُشِفت حديثًا، وتُعدُّ أفضلَ من توماي في التنافُس على تمثيل أشباه البشر الأقدم، لكنّ فريق برونيت أصرَّ على الوقوف بجانب توماي، باعتباره من أشباه البشر الأقدم، وذلك ردًّا على الجدل المثار[4]، وفي بحثٍ لاحقٍ تم فيه وصْف الفك السفلي والأسنان[3].

يقول بوفيلان إن عظمة الفخذ ومواد أخرى ظلت في تشاد، إلى أن تم شحنها في النهاية إلى بواتييه في عام 2003، حيث خُزِّنَت ضمن مجموعة من أجزاء عظام الحيوان، التي تم جلبها من الرحلة. وفي عام 2004 عثرت برجريت - التي كانت آنذاك طالبة دراسات عليا في جامعة بواتييه - على العظم الذي كان قد اسْوَدَّ لونُه، وناله ضررٌ بالغ، في أثناء قيامها بتحليل عظام أخرى في المجموعة. وتقول: "اكتشفتُ عظْمة الفخذ هذه بالصدفة".

كشْفٌ مثير

عاد برونيت وأعضاء آخرون من فريقه إلى تشاد، عندما عثرت برجريت على عظمة الفخذ هذه، فطلبت برجريت من ماكياريلي - الذي يدرس تطوُّر البشر، وكان آنذاك رئيسًا لقسم العلوم الجيولوجية في جامعة بواتييه - أن يساعدها على عمل تحليلها. تشير برجريت إلى إنها فحصت العظمة بتمعُّن لعدة أيام، مقارِنةً إياها بحفريات أخرى لأشباه البشر. تقول: "أتذكر أنني كنت أمزح مع طالب آخر، وقال لي 'لقد وجَدْتِ عظمة فخذ توماي'! وعندما رأيتُ روبرتو ماكياريلي، أدركتُ أن هذه المِزحة كانت - في الغالب - مبنيَّةً على حقيقة".

وفي وصفِهما المختصر لعظمة الفخذ، يدعي ماكياريلي وبرجريت أنها تختلف اختلافًا كبيرًا عن تلك التي وُجدت في كائن مُحتمَل أن يكون من أشباه البشر، يرجع تاريخه إلى ستة ملايين سنة تقريبًا، عُثِر عليه في كينيا في عام 2000، ويُعتقد أنه كان يمشي على قدمين. ويظن ماكياريلي أن *Sahelanthropus* قد لا يكون من أشباه البشر، لكنه يعتقد أنه من غير الممكن التوصل إلى استنتاج، إلا بعد إجراء المزيد من الدراسة المدقِّقة لكل بقاياه، بما فيها عظمة الفخذ.

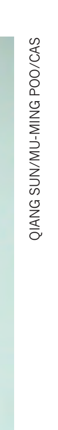
إنّ عظمة الفخذ وغيرها من بقايا *Sahelanthropus* مهمة وحاسمة لتحديد مكانة النوع، إذ إن الأجزاء التشريحية المنفردة عادة قد تكون مضلِّلة فيما يتعلق بالتاريخ التطوري، كما يقول برنارد وُود، وهو متخصص في عِلْم الإنسان القديم بجامعة جورج واشنطن في واشنطن العاصمة. ويضيف أيضًا أن الحفرية يمكن أن تكون منتمية إلى سلالةٍ - منقرضة الآن - من القِرَدة العليا.

إنّ نشر ورقة بحثية تصف عظمة الفخذ هو أمر "قد فات أوانه منذ زمن"، كما يقول العالِم المتخصص في عِلْم الإنسان القديم، بِل جَنجرز، من جامعة ستوني بروك في نيويورك. ويضيف: "لا نعرف لماذا أُبقِيَ عليها سرًّا؛ ربما لا تكون تابعةً حتى لأشباه البشر. فكيف يتسنى لأحد أن يعرف حقيقة ذلك، إنْ لم يقم شخص ما بكشف الأمر؟" ■

1. Lebatard, A.-E. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **105,** 3226–3231 (2008).
2. Brunet, M. *et al. Nature* **418,** 145–151 (2002).
3. Zollikofer, C. P. E. *et al. Nature* **434,** 755–759 (2005).
4. Brunet, M. *Nature* **419,** 582 (2002).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية





أحد أوائل القرود المُستنسخة، وهو صغير قرد ماكاك طويل الذيل، يُدعَى تشونج تشونج.

علم الوراثة

استنساخ قرود في الصين

حيوانات متطابقة وراثيًّا تَعِدُ بنماذج مُحسَّنة من الأمراض البشرية، لكنها تثير مخاوف بشأن استنساخ البشر لأغراض التكاثر.

ديفيد سيرانوسكي

أنتج علماء أحياء في شنجهاي بالصين أول رئيسيات مُستنسَخة باستخدام تقنية مماثلة للتقنية التي اُستخدِمت في استنساخ النعجة «دوللي»، وما يقرب من أربعة وعشرين نوعًا آخر. كانت هذه الطريقة قد فشلت حتى الآن في إنتاج رئيسيات حية.

يأمل الباحثون في استخدام هذه التقنية المُنقَّحة؛ لإنتاج رئيسيات متطابقة وراثيًّا؛ من أجل تقديم نماذج حيوانية مُحسَّنة من الاضطرابات البشرية، مثل السرطان. ويمكن الجمع بين هذه التقنية، التي وُصِفت في دورية «سيل» *Cell* في 24 يناير (Z. Liu *et al*. *Cell* http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2018.01.020; 2018)، وأدوات التحرير الجينيّ، مثل تقنية «كريسبر - كاس9» CRISPR Cas9؛ من أجل إنتاج نماذج مُعدَّلة وراثيًّا من الاضطرابات البشرية في أدمغة الرئيسيات، بما في ذلك مرض باركنسون.

يقول شيونج تشو-دجي، وهو عالِم أعصاب، يدرس أمراض الدماغ في معهد العلوم العصبية ION، التابع للأكاديمية الصينية للعلوم في شنجهاي: "هذه الورقة تمثِّل بداية حقيقية لعهد جديد من البحوث الطبية الحيوية". ولم يشارك شيونج في مشروع الاستنساخ.

بيد أنه من المرجح أيضًا أن يثير الإنجاز بعض المخاوف بين العلماء وعامة الناس بشأن إمكانية استخدام هذه التقنية في استنساخ البشر. ويقول مو-مينج بو، مدير معهد العلوم العصبية، والمؤلف المشارك في الدراسة: "من الناحية الفنية، لا يوجد أي عائق أمام استنساخ البشر"، لكن المعهد لا يهتم سوى باستنساخ رئيسيات غير بشرية لمجموعات البحث. ويضيف بو: "نحن نرغب في إنتاج قرود متطابقة وراثيًّا. وهذا هو هدفنا الوحيد".

لقد برهنت الرئيسيات على صعوبة استنساخها، على الرغم من المحاولات العديدة لفعل ذلك باستخدام تقنية الاستنساخ القياسية. وفي هذه الطريقة، يُحقن الحمض النوويّ لخلية مانحة في بويضة أُزيلت منها مادتها الوراثية.

جَمَعَ الباحثان في معهد العلوم العصبية، صن شيانج، وليو تشن، بين عدة تقنيات طوّرتْها مجموعات أخرى من أجل تحسين الإجراء. وكانت إحدى الحِيَل هي إلغاء التعديلات الكيميائية في الحمض النوويّ، التي تحدث عندما تتحول الخلايا الجنينية إلى خلايا متخصصة. وقد حقَّق الباحثون نجاحًا أكبر مع الحمض النوويّ المُستخرَج من الخلايا الجنينية، مقارنةً بذلك الذي يُستخرَج من خلايا الذُّرية الحية.

وباستخدام الخلايا الجنينية، أنتج العلماء 109 أجنة مُستنسَخة، وزرعوا ما يقرب من ثلاثة أرباعهم في 21 أمًّا بديلة من القرود. وأدى ذلك إلى ست حالات حمل، وُلِد منها قردان حيّان من قرود المكاك طويلة الذيل (*Macaca fascicularis*)، هما: تشونج تشونج، الذي يبلغ من العمر الآن ثمانية أسابيع، وهوا هوا، الذي يبلغ من العمر ستة أسابيع. ويقول بو إنّ القردين يبدوان سليمَين صحيًّا حتى الآن. وينتظر المعهد الآن ولادة ستة حيوانات مستنسخة أخرى.

يقول شوخرات ميتاليبوف - أخصائي الاستنساخ في جامعة أوريجون للصحة والعلوم في بورتلاند - إن الفريق الصينيّ يستحق التهنئة. ويضيف ميتاليبوف - الذي استخدم ما يُقدَّر بأكثر من 15 ألف بويضة من القردة في محاولات استنساخ قام بها في العقد الأول من القرن الواحد والعشرين - قائلًا: "أُدْرِك مدى صعوبة الأمر". فعلى الرغم من تمكّنه من إنتاج خطوط خلايا جذعية من أجنة بشر وقردة مستنسخة، لم تؤد أبدًا حالات حمل الرئيسيات في فريقه إلى ولادة كائن حي.

تتفوق الحيوانات المستنسخة على غير المستنسخة ببعض المزايا المهمة، من حيث كَوْنها نماذج لدراسة الأمراض البشرية. يقول تيري ساناوسكي - عالِم الأحياء العصبية الحاسوبية في معهد سولك للدراسات البيولوجية في لاهويا بولاية كاليفورنيا - إنه في التجارب التي تُجرَى على الحيوانات غير المُستنسَخة، يكون من الصعب معرفة ما إذا كانت الاختلافات بين مجموعات الاختبار والمجموعات الضابطة ناجمة عن العلاج، أم عن الاختلاف الجينيّ. ويضيف ساناوسكي: "إنّ العمل مع الحيوانات المُستنسَخة يُحِدّ كثيرًا من تَبايُن الخلفية الجينية، ما يقلل من عدد الحيوانات اللازمة للتجربة".

دراسات مرض باركنسون

يقول ساناوسكي أيضًا إن أدمغة الرئيسيات هي أفضل نموذج لدراسة الاضطرابات النفسية والأمراض التنكسية في البشر. ويقول بو إنّ القدرة على استنساخ القرود قد تُنعِش الدراسات المعنية بالرئيسيات، التي تراجعت في معظم البلدان. ويضيف قائلًا إن تجارب مرض باركنسون، التي تَستخدِم حاليًّا مئات القرود، يمكن إجراؤها بعشرة حيوانات مستنسَخة فقط.

ويشير كذلك عالِم الأعصاب تشانج هونج-تشون - الذي يعمل أيضًا في معهد العلوم العصبية - إلى إن تقنية استنساخ الرئيسيات ستُدمَج قريبًا في أدوات التحرير الجينيّ؛ لدراسة الاضطرابات الوراثية البشرية في أدمغة الرئيسيات. ويقول تشانج إن التحرير الجينيّ يُستخدَم بالفعل في إنتاج أجنة القرود، لكن ذلك يترك المجال مفتوحًا أمام إمكانية عدم تحرير بعض الخلايا، ما يؤثر بعد ذلك على النتائج.

ومع الاستنساخ، يمكن تحرير الخلية المانحة قبل حقنها في البويضة. ويتوقع بو ولادة قرود مُستنسَخة، تم تحرير خلاياها جينيًّا؛ لتمثِّل نماذج لاضطرابات الإيقاع اليومي، ومرض باركنسون، في غضون عام.

تخطِّط مدينة شنجهاي، مدفوعةً بما تُبشِّر به بحوث الرئيسيات، لتمويل كبير لمركز بحوث الرئيسيات الدوليّ، الذي من المتوقع الإعلان عنه رسميًّا في الأشهر القليلة القادمة. سينتج علماء هذا المركز كائنات مستنسَخة من أجل العلماء في جميع أنحاء العالم. يقول بو: "سيكون هذا المركز بمثابة «منظمة سيرن» في علم الأحياء العصبية للرئيسيات". ويضيف قائلًا إنه يوجد بالفعل طلب مرتفع من شركات الأدوية التي ترغب في استخدام القرود المُستنسَخة في اختبارات العقاقير.

وبالرغم من أنه من غير المرجح أن يفكر معظم علماء الأحياء المتخصصين في التكاثر في استخدام التقنية في استنساخ البشر، بسبب الاعتراضات الأخلاقية، يخشى ميتاليبوف من محاولة فعل ذلك في عيادة خاصة.

توجد في الصين مبادئ توجيهية تحظر الاستنساخ التكاثريّ، لكنْ لا توجد قوانين صارمة لذلك. وتفتقر الصين كذلك إلى إنفاذ قواعدها بشأن استخدام الخلايا الجذعية في العلاج. وهناك بلدان أخرى - لا سيما الولايات المتحدة – لا تحظر الاستنساخ التكاثريّ على الإطلاق. يقول بو: "لا يمكن إيقاف ذلك الآن، إلا عن طريق اللوائح. ويجب على المجتمع أن يولي هذا الأمر مزيدًا من الاهتمام". ■

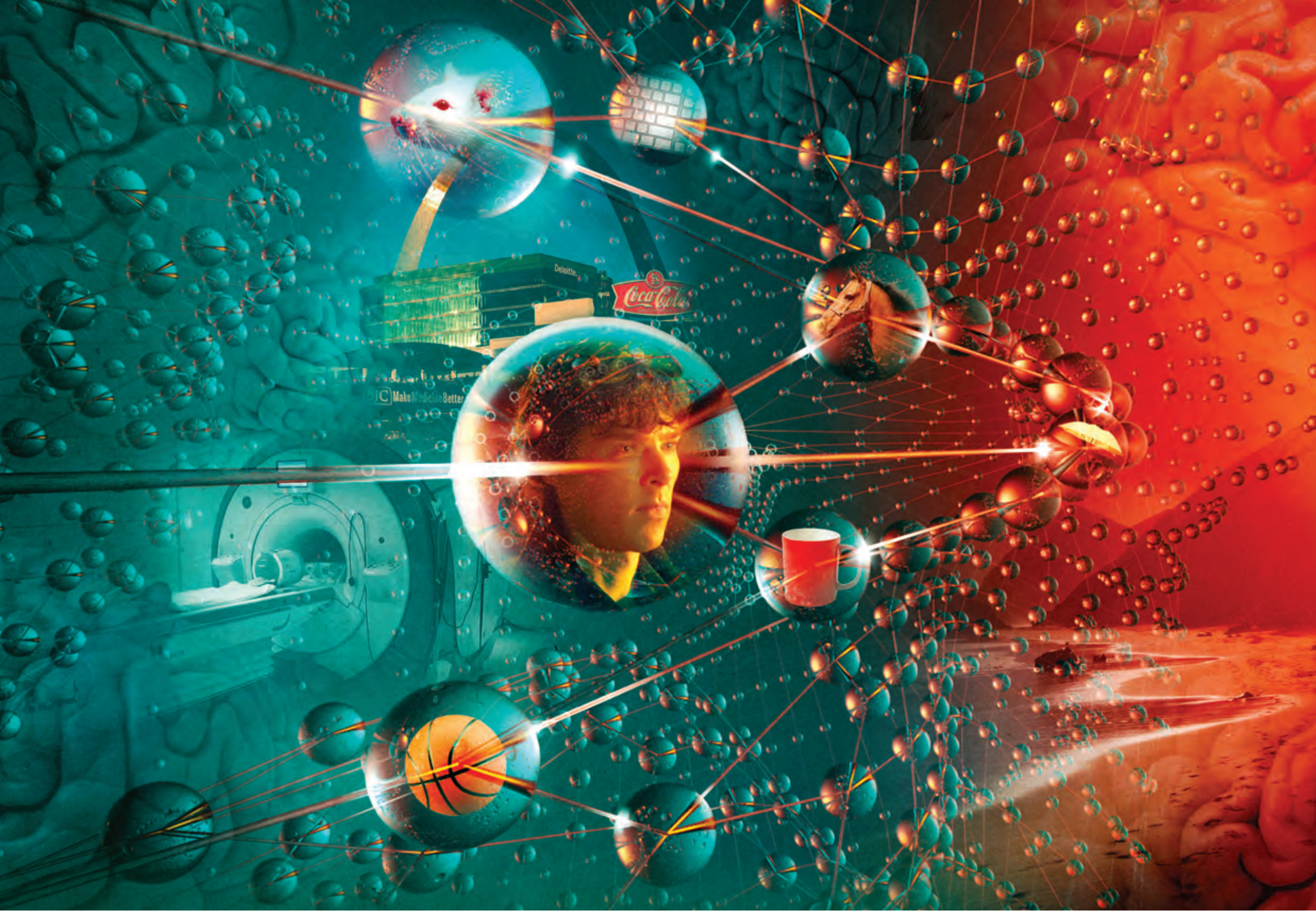


ILLUSTRATION BY ANDY POTTS; PHOTOS FROM GETTY

صورةٌ لِذِكْرَى

الباحثون يرسمون صورًا مُعقّدة للذكريات الفردية، ويكتشفون كيف يعمل الدماغ في أثناء تلك العملية.

هيلين شين

رغم أن أخصائية علم الأعصاب الإدراكيّ جانيس تشين ليست من أشّد المعجبين بمسلسل «شِرلوك»، إلا أن المعلومات المتوفرة لديها عن تلك الدراما البوليسية الناجحة التي تقدِّمها هيئة الإذاعة البريطانية (بي بي سي) تفوق ما يعرفه معظم الناس. تراقب تشين - بمساعدة ماسح ضوئيّ للدماغ - ما يحدث داخل أدمغة المشاهدين عندما يشاهدون الحلقة الأولى من المسلسل، ثم يصفون تسلسل الأحداث. سمعت تشين - وهي باحثة في جامعة جونز هوبكنز في بالتيمور بولاية ميريلاند - كل أنواع الروايات المتباينة بخصوص مشهدٍ كان في بداية المسلسل، يصوّر امرأة تغازل المحقِّق المشهور بتحفُّظه في مشرحة. يرى بعض الناس أن شرلوك هولمز تصرّف في ذلك المشهد بوقاحة، بينما يَعتقِد آخرون أنه غفل عن محاولات تلك المرأة المرتبكة للتودد إليه، لكن تشين وزملاءها اكتشفوا شيئًا غريبًا عندما أجروا مسحًا لأدمغة المشاهدين؛ فبينما أعاد أناس مختلفون سرد رواياتهم الشخصية للمشهد ذاته، أنتجت أدمغتهم أنماطًا من النشاط متشابهة بشكل ملحوظ[1].

تُعَدّ تشين واحدة من بين عدد متزايد من الباحثين الذين يستخدمون التصوير الدماغيّ؛ للتعرّف على أنماط النشاط المشارِكة في إنشاء ذِكْرَى معينة، واسترجاعها. وفي الوقت الحاضر، تُمَكِّن الابتكارات التكنولوجية البارزة - التي شهدها عِلم الأعصاب على المستويين البشريّ والحيوانيّ في العقد الماضي - الباحثين من الكشف عن القواعد الأساسية المتعلقة بكيفية تكوُّن الذكريات الفردية، وتنظيمها، وتفاعلها فيما بينها. على سبيل المثال ، تمكّنت فرق بحثية - باستخدام تقنيات لوَسْم الخلايا العصبية النشطة - من تحديد مواقع الدوائر المرتبطة بذِكْرَى مثير مؤلم لدى القوارض؛ ونجحت في إعادة تنشيط تلك المسارات؛ لإثارة هذه الذكرى. أما لدى البشر، فقد حددت الدراسات البصمات الخاصة بذكريات معينة، التي تكشف عن بعض الطرق التي يتبعها الدماغ في تنظيم الذكريات، والربط بينها؛ للمساعدة على التذكُّر. هذه النتائج يمكن أن تساعد يومًا ما على الكشف عن سبب ضعف الذاكرة عند التقدّم في العمر، أو المرض، أو معرفة كيف تتسلل الذكريات الخاطئة إلى شهادات شهود العيان، بل ربما يقود هذا التبصر أيضًا إلى تطوير استراتيجيات لتحسين التعلّم والذاكرة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يمثّل ذلك العمل انحرافًا ملحوظًا عن مسار البحوث السابقة في مجال الذاكرة، التي حددت مواقع وآليات أكثر عمومية. وتقول شينا جوسلين، عالمة الأعصاب بمستشفى الأطفال المرضى في تورونتو بكندا: "في الحقيقة، بدأت النتائج التي نحصل عليها من القوارض والبشر في التوافق معًا في الوقت الحاضر، ولا أتخيل أن أرغب في دراسة أي شيء آخر".

استعصى الأثر المادي للذكرى الفردية - الذي يُطلَق عليه أيضًا اسم «الإنجرام» - على الاكتشاف لفترة طويلة. وكان عالِم النفس الأمريكيّ كارل لاشلي أحد أوائل من تتبعوا «الإنجرام»، وقد كرّس جُلّ حياته المهنية لذلك المسعى. فبداية من حوالي عام 1916، درّب لاشلي بعض الفئران على المرور عبر متاهة بسيطة، ثم أتلف كتلة من قشرة الدماغ لديها، وهي السطح الخارجي للدماغ. ووضع، بعد ذلك، الفئران في المتاهة من جديد. لم يصنع النسيج الدماغيّ التالف في الغالب سوى فارق بسيط. وعامًا بعد عام، ظلّ تحديد الموقع الفعليّ لذكريات الفئران أمرًا صعب المنال. وقد كتب لاشلي في عام 1950، مُلخِّصًا مهمته الطموحة[2]: "أشعر في بعض الأحيان، عند مراجعة الأدلة الخاصة بتحديد موقع أثر الذكريات، أن النتيجة التي من المفترض التوّصل إليها هي أنه من غير الممكن اكتشاف هذا الأمر".

والذكرى، حسبما اتضح، هي عملية موزّعة على نطاق واسع، وليست منحصرة في منطقة واحدة فقط في الدماغ. وتتضمن الأنواع المختلفة من الذكريات مجموعات مختلفة من المناطق، فكثير من البِنى المهمة لترميز الذكريات واسترجاعها، مثل الحُصين، يقع خارج قشرة الدماغ. ومن ثم، فاتت تلك البِنى على لاشلي إلى حد كبير. يعتقد معظم علماء الأعصاب في الوقت الحالي أن تجربة معينة تدفع مجموعة فرعية من الخلايا عبر تلك المناطق إلى إطلاق إشاراتها، وتغيير التعبير الجينيّ الخاص بها، وتشكيل روابط جديدة، وتغيير قوة الروابط القائمة بالفعل، وهي تغييرات تتولى بشكل جماعيّ تخزين الذكريات. ويحدث التذكّر - وفقًا للنظريات الحالية - عندما تُطلِق هذه الخلايا العصبية إشاراتها من جديد، وتُعيد عرض أنماط النشاط المرتبطة بتجربة ماضية.

«لا أتخيل أن أرغب في دراسة أي شيء آخر».

وضع العلماء بعض المبادئ الأساسية لذلك الإطار الواسع، لكن اختبار نظريات على مستوى أعلى بشأن كيفية قيام مجموعات من الخلايا العصبية بتخزين معلومات محددة واسترجاعها لا يزال يشكّل تحديًا. فالتقنيات الجديدة لوَسْم خلايا عصبية معينة في الحيوانات، وتنشيطها، وإخمادها، لم تسمح للباحثين بتحديد الخلايا العصبية التي تشكّل ذكرى واحدة تحديدًا دقيقًا، إلا في العقد الماضي فقط (انظر: «التلاعب بالذكريات»).

رحلة البحث عن «الإنجرام»

أسهمت جوسلين في قيادة هذه الموجة البحثية ببعض الدراسات المبكرة التي بحثت في الخلايا العصبية الخاصة بـ«الإنجرام» لدى الفئران[3]. وفي عام 2009، رفعت جوسلين وفريقها مستوي بروتين رئيس متعلق بالذاكرة، يُسمى «كريب» (CREB)، في بعض الخلايا الموجودة في اللوزة الدماغية (وهي منطقة تشارك في معالجة الشعور بالخوف)، وأوضحوا أن تلك الخلايا العصبية كان من المرجح - بوجه خاص - أن تُطلِق إشاراتها عندما ميزت الفئران - ثم تذكرت لاحقًا - ارتباطًا مخيفًا بين نغمة سمعية، وصدمات كهربائية عُرِّضت لها أقدام تلك الفئران. واستنتج الباحثون أنه إذا كانت الخلايا التي يعززها البروتين «كريب» جزءًا أساسيًّا من «إنجرام» الخوف، فإن تدميرها سوف يمحو الذكرى المرتبطة بالنغمة، ويزيل شعور الحيوانات بالخوف منها. لذا استخدم الفريق سُمًّا لقتل الخلايا العصبية التي تزيد فيها مستويات البروتين «كريب»، ونسيت الحيوانات شعورها بالخوف بصفة مستديمة.

بعد أشهر قليلة، توصلت مجموعة ألسينو سيلفا بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجيليس إلى نتائج مماثلة، إذ نجحت في قَمع ذكريات الخوف لدى الفئران، من خلال كبح الخلايا العصبية[4] التي تفرط في إفراز بروتين «كريب» بوسائل كيميائية حيوية. وفي أثناء تلك العملية، اكتشف الباحثون أيضًا أنه في أيّ لحظة معلومة، تكون الخلايا التي تحتوي على قَدْر أكبر من بروتين «كريب» أكثر قابلية للاستثارة الكهربائية من جيرانها، وهو الأمر الذي يمكن أن يفسر استعداد تلك الخلايا لتسجيل الخبرات الواردة إليها. فيقول سيلفا: "بالتزامن مع ذلك، اكتشفَتْ مختبراتنا شيئًا جديدًا تمامًا، وهو أن هناك قواعد محددة، تصبح بواسطتها الخلايا جزءًا من الإنجرام".

إنّ هذه الأنواع من دراسات قَمع الذاكرة تصف فقط نصف «الإنجرام». ولإثبات أن العلماء كانوا في الحقيقة يبحثون في «الإنجرام»، بما لا يدع مجالًا للشكّ، لزم إنتاج ذكريات عند الطلب أيضًا. وفي عام 2012، نَوّهت مجموعة سوسومو تونيجاوا بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج إلى إنشاء نظام يمكنه فِعْل ذلك بالضبط.

ومِن خلال التلاعب جينيًّا بخلايا الدماغ لدى الفئران، تمكّن الباحثون من وَسْم الخلايا العصبية المُطلِقة للإشارات ببروتين حساس للضوء. استهدف الباحثون الخلايا العصبية الموجودة في (الحُصَين)، وهو منطقة أساسية في معالجة الذكريات. ومع تشغيل نظام الوسم، عرَّض العلماء الحيوانات لسلسلة من الصدمات الكهربائية للأقدام. وأنتجت الخلايا العصبية التي استجابت للصدمات البروتين المُستجيب للضوء؛ ما سمح للباحثين بتمييز الخلايا التي تُكوِّن الذكرى. وتمكَّن الباحثون - بعد ذلك - من تحفيز هذه الخلايا العصبية؛ لإطلاق إشاراتها باستخدام ضوء الليزر؛ ما أدّى إلى إحياء الذكرى غير السارّة للفئران[5]. وفي دراسة متابعة، وضع فريق تونيجاوا الفئران في قفص جديد، وعرَّض أقدامها للصدمات الكهربائية، بينما أعاد - في الوقت ذاته - تنشيط الخلايا العصبية التي شكّلت «إنجرام» قفص "آمِن". وعندما أُعيدت الفئران إلى القفص الآمن؛ تجمّدت في أماكنها من الخوف، ما دلّ على أن الذكرى المخيفة ارتبطت على سبيل الخطأ بمكان آمِن[6]. وقد أظهرت الأعمال التي أُجْرتها مجموعات أخرى أنه يمكن استخدام تقنية مماثِلة لوَسْم ذكرى معينة، ثم حجبها[7،8].

يقول سيلفا إن تلك المجموعة من الأعمال الواردة من عدة مجموعات بحثية ساعدت على بناء حُجة قوية، مفادها أن الأثر الفسيولوجي لذكرى معينة، أو على الأقل المكونات الرئيسة لذلك الأثر، يمكن أن تكون متمركزة في خلايا عصبية محددة. لكن تظل الخلايا العصبية في جزء واحد من الحُصين أو اللوزة الدماغية جزءًا ضئيلًا فقط من «إنجرام» الخوف المرتبط بالصدمات الكهربائية لأقدام الفئران، الذي يتضمن مشاهد، وروائح، وأصواتًا، وغيرها من الأحاسيس الأخرى التي لا تُعَدّ، ولا تُحصَى. يقول سيلفا: "يقع ذلك الشعور - على الأرجح - في عدد يتراوح بين 10 مناطق، و30 منطقة مختلفة في الدماغ، وهذا مجرد تخمين عشوائي، لا أساس له".

نظرة أشمل

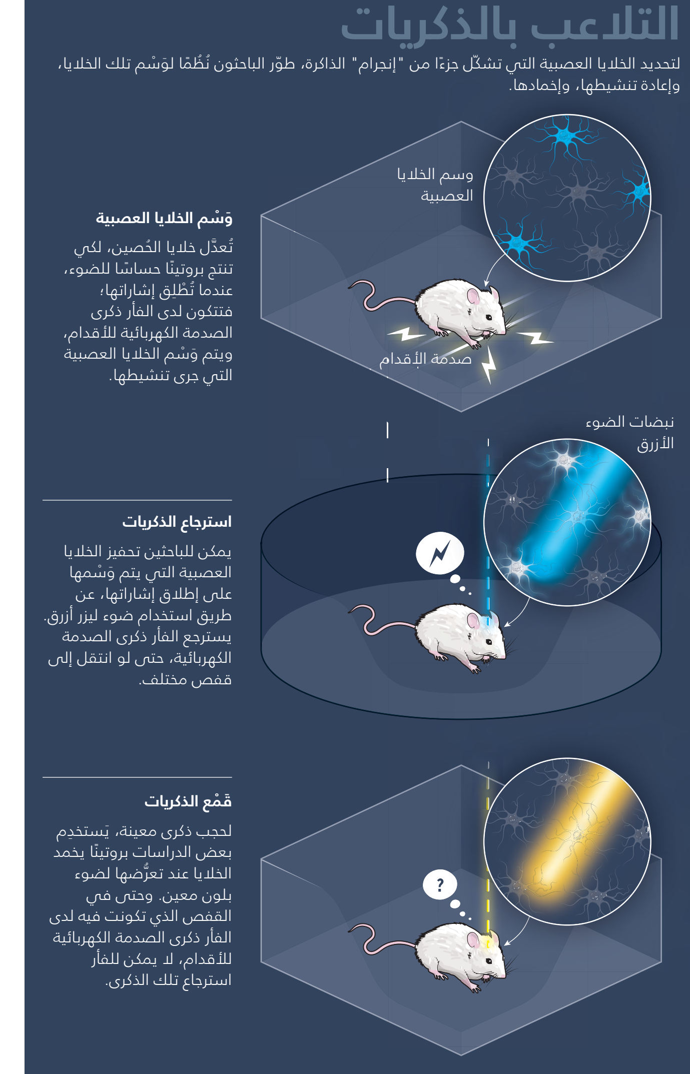
إنّ التطوّرات التي يشهدها مجال تكنولوجيا تصوير الدماغ لدى البشر تمنح الباحثين حاليًّا القدرة على إلقاء نظرة شاملة على النشاط في جميع أنحاء الدماغ الذي يشكّل «الإنجرام». فعلى الرغم من أن التقنية الأكثر استخدامًا - وهي التصوير بالرنين المغناطيسيّ الوظيفيّ (fMRI) - لا يمكنها تحليل الخلايا العصبية الفردية، إلا أنها تُظهِر بدلًا من ذلك نقاطًا من النشاط في مناطق مختلفة من الدماغ. كان التصوير بالرنين المغناطيسيّ الوظيفيّ يُستخدَم عادةً في انتقاء المناطق التي تستجيب بأقصى قوة لمختلف المهام، لكنْ في السنوات الأخيرة، كشفت تحليلات فعّالة عن الأنماط المميزة، أو البصمات، الخاصة بالنشاط على نطاق الدماغ، التي تظهر عندما يتذكر الناس خبرات معينة. "إنها واحدة من أهم الثورات في مجال علم الأعصاب الإدراكيّ"، حسبما يقول مايكل كاهانا، وهو عالِم أعصاب بـجامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا.

كان تطوير تقنية تُسمى «تحليل الأنماط متعددة الفوكسلات» (MVPA) عاملًا مُحفِّزًا على قيام هذه الثورة. فهذه الطريقة الإحصائيّة، التي يُطلَق عليها أحيانًا اسم "فك ترميز الدماغ"، تقوم بتغذية بيانات التصوير بالرنين المغناطيسيّ الوظيفيّ في خوارزمية كمبيوتر تتعرّف تلقائيًّا على الأنماط العصبية المرتبطة بأفكار أو خبرات معينة. عندما كان شون بولين - الذي يعمل الآن عالِم أعصاب بجامعة فاندربيلت في ناشفيل بولاية تينيسي الأمريكية - طالبًا في مرحلة الدراسات العليا في عام 2005، ساعد على قيادة دراسة مؤثرة، طُبِّق فيها تحليل الأنماط متعددة الفوكسلات على الذاكرة البشرية للمرة الأولى[9]. في هذه التجربة، درَس المتطوعون صورًا لأشخاص ومواقع وأشياء عامة مشهورة. وباستخدام بيانات التصوير بالرنين المغناطيسيّ الوظيفيّ، التي جُمِعت في أثناء تلك الفترة، درّب الباحثون برنامج كمبيوتر على تحديد أنماط النشاط المرتبطة بدراسة كل فئة من تلك الفئات.

في وقت لاحق، وبينما استلقى الأفراد الخاضعون للدراسة في جهاز الرنين المغناطيسيّ، وذكروا جميع العناصر التي يمكنهم تذكُّرها، عادت البصمات العصبية المرتبطة بفئة محددة إلى الظهور من جديد قبل كل استجابة ببضع ثوانٍ. فقبل تسمية شخص مشهور، على سبيل المثال، ظهر نمط النشاط "المتعلق بالمشاهير"، متضمنًا تنشيط منطقة من مناطق القشرة الدماغية، تتولى معالجة الوجوه. كان ذلك من بين الأدلة المباشرة الأولى على أنه عندما يَسترجِع الأشخاص ذكرى معينة، يرجع دماغهم إلى الحالة التي كان عليها عندما قام بترميز تلك المعلومة. تقول تشين: "كانت ورقة بحثية مهمة جدًّا. وأنا قطعًا أَعتبِر عملي نتيجة مباشرة لها".

منذ ذلك الحين، حسّنت تشين وغيرها من الباحثين تقنياتهم لفك ترميز الذكريات بدقة متزايدة. ففي حالة دراسات تشين لمسلسل «شرلوك»، وجدت مجموعتها أن أنماط نشاط الدماغ في 50 مشهدًا من مشاهد الحلقة الأولى يمكن تمييزها بوضوح عن بعضها البعض. كانت هذه الأنماط محددة بشكل ملحوظ؛ ففي بعض الأحيان كانت تُفرِّق بين المشاهد التي ظهر فيها شرلوك، وتلك التي لم يظهر فيها، وبين المشاهد التي صوِّرت في أماكن مغلقة، وتلك التي صوِّرت في أماكن خارجية.

بالقرب من الحُصين، وفي العديد من مراكز المعالجة عالية المستوى، مثل قشرة الدماغ الخلفية الوسطى، رأى الباحثون الأنماط ذاتها الخاصة برؤية المَشاهِد تتكشّف أمام أعينهم، بينما كان كل شخص يروي تفاصيل الحلقة في وقت لاحق، حتى لو وصف هؤلاء الأشخاص



JASIEK KRZYSZTOFIAK/NATURE

مشاهد محددة بشكل مختلف[1]. ولاحظ الباحثون أيضًا نشاطًا دماغيًّا مشابِهًا لدى الأشخاص الذين لم يشاهدوا المسلسل على الإطلاق، وإنما سمعوا روايات الآخرين عنه[10].

تقول تشين: "كان مِن المستغرَب أن نرى البصمة ذاتها عندما كان أشخاص مختلفون يتذكرون المشهد نفسه، ويصفونه بكلماتهم الخاصة، حتى مع تذكُّرهم المشهد بأيّ طريقة يريدونها". وتشير النتائج إلى أن تنظيم الأدمغة - حتى في المناطق العليا التي تتولى معالجة الذكريات، والمفاهيم، والإدراك المُعقَّد - ربما يكون أكثر تشابهًا بين الأشخاص مما هو متوقع.

خَلْط الذكريات

مع إعطاء التقنيات الجديدة لمحة عن «الإنجرام»، يمكن للباحثين البدء، ليس فقط في دراسة كيف تتكون الذكريات الفردية فحسب، وإنما أيضًا كيف تتفاعل الذكريات مع بعضها البعض، وكيف تتغير بمرور الوقت.

في جامعة نيويورك، تَستخدِم عالمة الأعصاب ليلا دافيتشي تحليل الأنماط متعددة الفوكسلات؛ لدراسة كيف يُصنِّف الدماغ الذكريات التي تشترك في مضمون متداخل. وفي دراسة أُجْرتها دافيتشي في عام 2017، بالتعاون مع أليكسا تومباري، التي كانت حينذاك طالبة دراسات عليا في مختبرها، عرضت العالمة على المتطوعين صورًا لعدد 128 عنصرًا، اقترن كل منها بأحد أربعة مناظر، فاقترن منظر شاطئ بصورة قدح، على سبيل المثال، ثم لوحة مفاتيح، واقترن منظر مدينة بصورة مَظلّة، وهكذا. ظهر كل عنصر من تلك العناصر مع منظر واحد فقط، لكن عناصر كثيرة مختلفة ظهرت مع المنظر نفسه[11]. في البداية، عندما ربط المتطوعون العناصر بالمناظر المقابلة لها، استثار كل عنصر منها نمطًا مختلفًا من أنماط تنشيط الدماغ، لكنْ بعد أسبوع واحد، كانت الأنماط العصبية خلال مهمة التذكّر هذه قد أصبحت أكثر تشابهًا فيما يخص العناصر المقترنة بالمنظر ذاته. فكان الدماغ قد أعاد تنظيم الذكريات، وفقًا للمعلومات المشتركة عن المنظر. تقول دافيتشي: "يمكن أن يمثّل ذلك التجميع نقطة البدء لتَعَلُّم «لُب» المعلومات".

يمكن لتجميع الذكريات ذات الصلة أيضًا مساعدة الأشخاص على استخدام المعرفة السابقة لتعلُّم أشياء جديدة، وذلك وفقًا لبحث أَجْرته عالمة الأعصاب أليسون بريستون في جامعة تكساس في أوستن. وفي دراسة أُجريت في عام 2012، وجدت مجموعة بريستون أنه عندما يشاهد بعض الناس زوجًا من الصور (مثل كرة سلة، وحصان)، ثم يشاهدون لاحقًا زوجًا آخر (مثل حصان، وبحيرة)، ويكون الزوجان مشتركين في عنصر واحد؛ فإن أدمغتهم تعيد تنشيط النمط المقترن بالزوج الأول[12]. ويبدو أن عملية إعادة التنشيط هذه تربط معًا أزواج الصور ذات الصلة؛ فالأشخاص الذين ظهر عليهم ذلك الأثر في أثناء التعلّم كانوا أفضل لاحقًا في التعرّف على الرابط - الذي كان ضمنيًّا، ولم يُرَ على الإطلاق - بين الصورتين اللتين لم تظهرا معًا (كرة السلة والبحيرة في هذه الحالة). تفسر بريستون ذلك بقولها: "يصيغ الدماغ روابط تمثّل معلومات، ومعرفة تتجاوز نطاق ملاحظتنا المباشرة". ويمكن لهذه العملية أن تساعد على أداء عدد من الأنشطة اليومية، مثل التنقّل في بيئة غير مألوفة، عن طريق استنتاج العلاقات المكانية بين بعض المعالِم المعروفة. فالقدرة على الربط بين معلومات ذات صلة لتشكيل أفكار جديدة يمكن أن تسهم أيضًا بدور مهم في عملية الإبداع، أو تخيُّل السيناريوهات المستقبلية.

في دراسة متابعة، شرعت بريستون في استكشاف الآلية الكامنة وراء الربط بين الذكريات، ووجدت أن الذكريات ذات الصلة يمكن أن تندمج في تمثيل واحد، خاصةً إذا كان قد تم اكتساب تلك الذكريات في وقت متقارب[13]. في تقارب ملحوظ، وجد سيلفا في عمله أيضًا أن الفئران تميل إلى الربط بين ذِكْرَيين تشكلتا في وقت متقارب. ففي عام 2016، لاحظت مجموعة سيلفا أنه عندما تعلمت الفئران أن تشعر بالخوف من صدمات القدم في قفص معين، بدأت تلك الحيوانات أيضًا تعبِّر عن خوفها من قفص غير مؤذٍ، كانت قد زارته قبل ذلك الحين ببضع ساعات[14]. أوضح الباحثون أن الخلايا العصبية التي رمّزت ذكرى واحدة ظلت أكثر قابلية للاستثارة لمدة خمس ساعات على الأقل بعد التعلّم، الأمر الذي من شأنه خلق فرصة، ربما تكوّن خلالها «إنجرام» متداخل جزئيًّا. في واقع الأمر، عندما قام أعضاء فريق سيلفا بوَسْم الخلايا العصبية النشطة، وجدوا أن كثيرًا من الخلايا قد شاركت في الذكريات الخاصة بكلا القفصين.

تشير هذه النتائج إلى بعض الآليات البيولوجية العصبية، التي تربط الذكريات الفردية بأفكار أكثر عمومية بشأن العالم. تقول جوسلين: "ذاكرتنا ليست جُزُرًا منعزلة من المعلومات، وإنما نحن - في الواقع - نبني مفاهيم، ونربط بين الأشياء التي تجمع بينها خيوط مشتركة"، لكن هذه المرونة قد تسفر عن تشكيل ذكريات زائفة، أو خاطئة؛ فقد صارت فئران سيلفا تخاف من قفص غير مؤذٍ، لأن الذكرى المرتبطة لدى تلك الحيوانات بذلك القفص تشكّلت في وقت قريب للغاية من الوقت الذي تشكّلت فيه ذكرى خوف من قفص مختلف. واستقراء تجارب فردية في مفاهيم مجردة وأفكار جديدة ينطوي على خطر فقدان بعض التفاصيل الخاصة بالذكريات الفردية. فبينما يسترجع الناس ذكريات فردية، قد تصبح هذه الذكريات مترابطة، أو مشوشة. تقول بريستون: "الذاكرة ليست ظاهرة مستقرة".

يرغب الباحثون حاليًّا في استكشاف كيف تتطور ذكريات محددة بمرور الوقت، وكيف يمكن إعادة تكوين تلك الذكريات، أو تحريفها، أو حتى إعادة إيجادها عندما تُسترجَع. ومع توفُّر القدرة على تحديد خلايا الإنجرام العصبية الفردية لدى الحيوانات، والتلاعب بها، يأمل العلماء في تعزيز نظرياتهم بشأن كيفية تخزين الخلايا للمعلومات، وعرضها، وهي نظريات طالما كان من الصعب اختبارها. تقول بريستون: "هذه النظريات قديمة وبديهية حقًّا، لكننا في الواقع لم نعرف الآليات الكامنة وراءها". ومن خلال تعيين الخلايا العصبية الفردية التي لا غنى عنها لذكريات معينة تحديدًا، يمكن للعلماء أن يدرسوا - بقَدْر أكبر من التفصيل - العمليات الخلوية التي تكتسب بواسطتها الخلايا العصبية الرئيسة المعلومات، وتسترجعها، وتفقدها. تقول جوسلين: "نعيش الآن عصرًا ذهبيًّا نوعًا ما؛ فلدينا كل هذه التكنولوجيا التي تمكِّننا من طرح بعض الأسئلة القديمة جدًّا". ■

هيلين شين صحفية علمية، تقيم في سانيفيل بولاية كاليفورنيا.

1. Chen, J. *et al. Nature Neurosci.* **20,** 115–125 (2016).
2. Lashley, K. S. *Soc. Exp. Biol. Symp.* **4,** 454–482 (1950).
3. Han, J. H. *et al. Science* **323,** 1492–1496 (2009).
4. Zhou, Y. *et al. Nature Neurosci.* **12,** 1438–1443 (2009).
5. Liu, X. *et al. Nature* **484,** 381–385 (2012).
6. Ramirez S. *et al. Science* **341,** 387–391 (2013).
7. Denny, C. A. *et al. Neuron* **83,** 189–201 (2014).
8. Tanaka, K. Z. *et al. Neuron* **84,** 347–354 (2014).
9. Polyn, S. M., Natu, V. S., Cohen, J. D. & Norman, K. A. *Science* **310,** 1963–1966 (2005).
10. Zadbood, A., Chen, J., Leong, Y. C., Norman, K. A. & Hasson, U. *Cereb. Cortex* **27,** 4988–5000 (2017).
11. Tompary, A. & Davachi, L. *Neuron* **96,** 228–241 (2017).
12. Zeithamova, D., Dominick, A. L. & Preston, A. R. *Neuron* **75,** 168–179 (2012).
13. Zeithamova, D. & Preston, A. R. *J. Cogn. Neurosci.* **29,** 1311–1323 (2017).
14. Cai, D. J. *et al. Nature* **534,** 115–118 (2016).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ستيفاني وينر تعمل ضمن فريق يحاول بناء شبكة كَمِّية حقيقية عبر القارة الأوروبية.

MARCEL WOGRAM FOR *NATURE*

شبكة عنكبوتية متشابكة

دافيديه كاستيلفيكي

بإمكان فيزياء الكَمّ أن تجعل وسائل الاتصال فائقة الأمان بالفعل، لكنّ استغلال بعض خصائصها الأكثر غرابة ربما يرتقي بتلك الشبكات.

قبل أن تصبح ستيفاني وينر عالمة في الفيزياء النظرية، كانت من قراصنة الإنترنت. ومثل معظم الأشخاص في ذلك المجال، عَلَّمت وينر نفسها بنفسها في سن مبكرة. ففي سن الخامسة عشرة أنفقت مدخراتها لشراء أول «مودم» لها يعمل بطلب رقم المشترك للاتصال بالإنترنت، كي تستخدمه في منزل أبويها في فورتسبورج بألمانيا. وببلوغها سن العشرين كانت قد اكتسبت سمعة كافية حول مهاراتها؛ مكّنتها من الحصول على وظيفة في أمستردام لدى شركة هولندية لتقديم خدمات الإنترنت، أنشأها رفقاؤها من القراصنة.

وبعد بضع سنوات، وفيما كانت تعمل أخصائية في أمن الشبكات، التحقت وينر بالجامعة. وهناك تعلمت أن ميكانيكا الكَمّ تقدم شيئًا تفتقر إليه بشدة الشبكات الموجودة اليوم، ألا وهو إمكانية أن تصبح هناك وسائل اتصال غير قابلة للقرصنة. وهي الآن بصدد إدارة دفة شغفها القديم نحو طموح جديد؛ ألا وهو إعادة اختراع الإنترنت.

إن قدرة الجسيمات الكمية على البقاء في حالات غير مُعرَّفة - مثل «قطة شرودنجر»، التي يضرب بها المثل، والتي هي حية وميتة في الوقت نفسه - ظلت تُستخدم لسنوات، لتعزيز مسألة تشفير البيانات. وترى وينر، التي تعمل حاليًا

بجامعة دلفت للتكنولوجيا في هولندا، وباحثون آخرون أنّ بإمكانهم استخدام ميكانيكا الكَمّ للقيام بأكثر من ذلك بكثير، عن طريق الاستفادة من قدرة الطبيعة المذهلة على ربط أو تشبيك الأجسام المتباعدة، ونقل البيانات فيما بينها بطريقة آنية. في البداية، بدا كما لو أن الموضوع برمته مسألة نظرية للغاية، حسبما تقول وينر. أما الآن، فقد "صار لدى المرء أمل في تحقيقه".

يقول المؤيدون إن شبكة الإنترنت الكَمِّية تلك قد تفتح آفاق عالَم كامل من التطبيقات، غير ممكن إجراؤها باستخدام أساليب الاتصال التقليدية، بما في ذلك ربط الحواسيب الكمية ببعضها البعض، وبناء تليسكوبات شديدة الدقة، باستخدام مراصد تفصل بينها مسافات شاسعة، بل وحتى التوصل إلى سبل جديدة لرصد موجات الجاذبية. ويرى البعض أنها ستحل يومًا ما محل شبكة الإنترنت بشكلها الحالي. من جانبه، يقول أنطون زيلينجر، عالِم الفيزياء بجامعة فيينا، الذي قاد واحدة من أولى التجارب التي أُجريت على النقل الآني الكَمِّي[1] في عام 1997: "إنني أتفق مع الرأي القائل إنّ غالبية الاتصالات - إن لم تكن كلها - ستكون كَمِّية في المستقبل".

وقد بدأ بالفعل فريق في جامعة دلفت بناء أول شبكة كمية حقيقية، سوف تربط بين أربع مدن هولندية. وربما يكون ذلك المشروع المقرر الانتهاء منه في عام 2020 هو النسخة الكمية من شبكة «أربانِت» ARPANET، وهي شبكة اتصالات، قام بإنشائها الجيش الأمريكي في أواخر ستينيات القرن الماضي، وقد مهدت الطريق نحو ظهور شبكة الإنترنت الموجودة اليوم.

كذلك تتولى وينر - التي تشارك في هذا العمل - مهمة تنسيق مشروع أوروبي أكبر، يُدعى «تحالف الإنترنت الكَمِّي» Quantum Internet Alliance، يهدف إلى توسيع نطاق التجربة الهولندية للمستوى القاري. وفي إطار هذه العملية، تسعى وينر وآخرون إلى الجمع بين علماء الحاسب الآلي، ومهندسين وخبراء في أمن الشبكات؛ للمساعدة على تصميم شبكة الإنترنت الكمية المستقبلية.

ولا تزال هناك حاجة إلى حسم الكثير من التفاصيل التقنية. ويُحَذِّر بعض الباحثين من أنه لا زال الوقت مبكر جدًّا للجزم تحديدًا بمدى ما يمكن أن تقدمه شبكة الإنترنت الكمية. ولكن بالتفكير في النواحي الأمنية مبكرًا، تقول وينر إنها تأمل في تجنب نقاط الضعف التي ورثتها شبكة الإنترنت الحالية من «أربانِت». وتضيف: "ربما تكون أمامنا فرصة لإنشاء كل شيء بشكل سليم من البداية".

«ربما تكون أمامنا فرصة لإنشاء كل شيء بشكل سليم من البداية».

مفاتيح كَمِّية

يعود أوّل المقترحات لوسائل اتصال كمي إلى قرابة سبعينيات القرن الماضي، حينما رأى ستيفن وايزنر - الذي كان آنذاك فيزيائيًّا شابًّا بجامعة كولومبيا في مدينة نيويورك - إمكانيات واعدة في واحد من أبسط مبادئ ميكانيكا الكم، ألا وهو أنه يتعذر قياس خاصية نظام معين، من دون تغييرها.

اقترح وايزنر أنه يمكن تشفير المعلومات في الحالات التي تكون عليها الأجسام مثل الذرات المعزولة، التي يمكن أن تشير حركاتها المغزلية إما إلى أعلى، أو إلى أسفل - مثل رقمي (الصفر)، و(الواحد) المتعلقين بالبتَّات التقليدية – ولكنها يمكنها أيضًا أن تكون في كلتا الحالتين في آن واحد. والآن، يُطلَق على وحدات المعلومات الكمية تلك عادة اسم بتَّات أو كيوبتّات كمية. وأشار وايزنر إلى أنه بسبب عدم القدرة على قياس خواص الكيوبت، من دون تغيير حالته، من المستحيل أيضًا عمل نُسَخ مطابقة، أو "مستنسخات" منه[2]؛ وإلا فإنه سيكون بمقدور شخص ما استخلاص معلومات عن حالة الكيوبت الأصلي، من دون التأثير عليه، وذلك ببساطة عن طريق قياس مُستنسَخه. وصار ذلك الحظر فيما بعد معروفًا باسم «عدم الاستنساخ الكمي»، ويتضح أنه كان مفيدًا لمسألة الأمان، إذ لا يمكن للقراصنة استخلاص المعلومات الكمية من دون ترك أثر.

في عام 1984، استرشد تشارلز بينيت - وهو عالِم في مجال الحاسب الآلي لدى شركة «آي. بي. إم» IBM في يوركتاون هايتس بنيويورك - ومعاونه جايلز براسارد بجامعة مونتريال في كندا، بعمل وايزنر في ابتكار مخطط عبقري ، يمكن من خلاله أن يقوم مستخدِمان بتوليد مفتاح تشفير غير قابل للاختراق، لا يعرفه سواهما[3]. يعتمد المخطط على حقيقة أن الضوء يمكن استقطابه، حتى يتسنى للموجات الكهرومغناطيسية أن تتذبذب، إما على مستوى أفقي، أو على مستوى رأسي. يُحوِّل واحد من المستخدمَين تسلسلًا عشوائيًّا مكونًا من الرقمين (واحد)، و(صفر) مكررين، إلى مفتاح كمي مُشفَّر في حالتي الاستقطاب المذكورتين، ويرسله مباشرة إلى شخص آخر. ومن خلال سلسلة من الخطوات، يقوم المُستقبِل بقياس المفتاح، والتأكد من أن عملية النقل لم تتعرض للمقاطعة بفعل قياسات شخص متلصص. ومن واقع ثقة الطرفين في أمان المفتاح، يمكنهما حينئذ تعمية أيّ رسالة مكونة من بتَّات تقليدية - صورة مثلًا - وإرسالها، كما يفعلان تمامًا مع أيّ رسالة أخرى مشفرة عبر شبكة الإنترنت التقليدية، أو أيّ قناة اتصال أخرى.

وفي عام 1989، قاد بينيت الفريق الذي أثبت لأول مرة هذه «التعمية الكمية» (وتُسمى اختصارًا QKD) تجريبيًّا[4]. واليوم، أصبحت الأجهزة التي تعمل بتقنية التعمية الكمية، وتستخدم مخططات مشابهة، متوفرة تجاريًّا، وتُباع عادة للمؤسسات المالية، أو الحكومية. فعلى سبيل المثال، أنشأت شركة «آي. دي. كوانتيك» ID Quantique - وهي شركة تم تأسيسها في عام 2001 في جنيف بسويسرا - رابطًا كميًّا ظل يوفر الحماية لنتائج الانتخابات السويسرية لأكثر من عشر سنوات.

في العام الماضي، نجح القمر الصناعي الصيني «ميسيوس» Micius - وهو من بنات أفكار عالِم الفيزياء بان جيانواي بجامعة العلوم والتكنولوجيا الصينية في مدينة خفي - في تنفيذ بعض أكثر العروض إبهارًا لذلك النهج. فباستخدام إصدار مغاير لبروتوكول بينيت وبراسارد، أنشأت المركبة الفضائية مفتاحين، ثم أرسلت أحدهما إلى محطة أرضية في بكين، والآخر إلى فيينا، وقت مرورها فوق المدينتين، ثم قام جهاز حاسوب على متن المركبة بدمج المفتاحين السريين؛ لخلق مفتاح جديد، أرسله إلى الأرض بالطريقة التقليدية. كان بإمكان فريقي العمل في بكين وفيينا – المزود كل منهما بمفاتيحهما الخاصة - فك تعمية هذا المفتاح المدمج، عن طريق حذف مفتاحهم الخاص في الأساس، ومن ثم معرفة المفتاح السري الخاص بالطرف الآخر. وباستخدام كلا المفتاحين يمكن لأحد الفريقين فك تشفير رسالة قام الآخر بتشفيرها بمفتاحه. وفي سبتمبر الماضي، استخدم بان وزيلينجر هذا النهج؛ لإعداد أول محادثة فيديو عابرة للقارات، يتم تأمينها جزئيًّا بمفتاح كَمِّي[5].

يمكن للأقمار الصناعية، مثل «ميسيوس»، المساعدة على التصدي لأحد التحديات الرئيسة في عملية تأمين أساليب الاتصال الكمية الموجودة اليوم؛ ألا وهو بُعْد المسافة. فالفوتونات المطلوبة لإنشاء مفتاح تشفير يمكن أن يمتصها الغلاف الجوي، أو - في حالة الشبكات الأرضية - ليف ضوئي، ما يجعل النقل الكمي غير عملي بعد تخطٍّي بضع عشرات من الكيلومترات.

ولأنّ الحالات الكمية لا يمكن نسخها، فليس من الخيارات المطروحة إرسال نسخ متعددة من كيوبت واحد، على أمل أن تصل نسخة واحدة منها على الأقل. لذا، ففي الوقت الراهن يتطلب إنشاء روابط بعيدة المسافة بتقنية التعمية الكمية بناء "عُقد موثوقة" تقوم بدور الوسطاء؛ فإذا ما حاول شخص اختراق عُقدة موثوقة، تتعامل مع المفاتيح في صورتيها الكمية والتقليدية، سيكون بإمكانه نسخ المفاتيح، دون أن يتم كشفه؛ وهكذا، فبالطبع سوف يكون ذلك ممكنًا أيضًا للحكومة أو الشركة التي تدير العُقدة. وينطبق ذلك على كل من العُقد الموثوقة على الأرض، وعلى القمر الصناعي «ميسيوس». يقول بان: "القمر الصناعي يعرف كل شيء". ولكن الأقمار الصناعية العابرة يمكنها خفض عدد العُقد الموثوقة المطلوبة، للربط بين النقاط المتباعدة.

يقول بان إن العُقد الموثوقة تُعَد بالفعل خطوة إلى الأمام بالنسبة إلى بعض التطبيقات، إذ تقلل عدد النقاط التي تكون عندها الشبكة عرضة للهجوم. كما قاد بان عملية إنشاء البنية الأساسية الموسعة لشبكة الاتصال الكمية بين بكين وشنجهاي، التي تم تدشينها في سبتمبر الماضي، حيث تربط بين أربع مدن من خلال 32 عُقدة موثوقة باستخدام ألياف ضوئية بطول أكثر من ألفي كيلومتر، ويجري حاليًّا اختبارها للاتصالات المصرفية والتجارية، مثل الربط بين مراكز البيانات الخاصة بعملاق التسوق عبر الإنترنت، شركة «علي بابا» Alibaba، حسبما يقول بان.

اتصالات كَمِّية

تُعتبَر الشبكات التي تتضمن عُقدًا موثوقة شبكات كمية جزئيًّا فقط؛ إذ تقوم فيزياء الكَمّ بدورها فقط فيما يخص الطريقة التي تنشئ بها العُقد مفتاح التشفير، أما ما يعقب ذلك من تشفير ونقل للبيانات، فهو برمته يجري حسب النمط التقليدي. فالشبكة الكمية الحقيقية ستكون قادرة على تسخير التشابك والنقل الآني؛ لإرسال المعلومات الكمية عبر مسافات بعيدة، دون الحاجة إلى عُقد موثوقة ضعيفة.

ومن بين الدوافع الرئيسة لبناء مثل هذه الشبكات؛ تمكين الحواسيب الكمية من التحدث إلى بعضها البعض، سواء بين الدول، أم عبر غرفة واحدة. وربما يكون عدد الكيوبتات التي يمكن ضغطها في أي نظام حوسبي محدودًا، ولذا، فإن توصيل النظم ببعضها يمكن أن يساعد علماء الفيزياء على توسيع نطاق تلك النظم. و"عند تلك النقطة، مِن الإنصاف القول إنك في الغالب ستكون قادرًا على إنشاء حاسوب كمي، ربما ببضع مئات من الكيوبتات"، كما يقول ميخائيل لوكين، وهو فيزيائي بجامعة هارفارد في كامبردج بماساتشوستس. ويضيف:

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

"أمّا فيما هو أبعد من ذلك، فتكون الوسيلة الوحيدة للقيام بهذا العمل هي استخدام هذا النهج المعياري، الذي يتضمن اتصالات كمية".

وعلى نطاق أوسع، يتصور الباحثون سحابة حوسبة كمية مزودة ببضعة أجهزة شديدة التعقيد، يمكن الوصول إليها من معظم المختبرات الجامعية، عن طريق شبكة إنترنت كمية. يقول رونالد هانسون، وهو عالِم في الفيزياء التجريبية بجامعة دلفت: "الإضافة المثيرة هي أن تلك الحوسبة السحابية الكمية تتميز أيضًا بالأمان؛ فالأشخاص القائمون على الخادم لا يمكنهم معرفة أي نوع من البرامج تقوم بتشغيله، ولا البيانات التي بحوزتك".

وقد أتى الباحثون بمجموعة هائلة من المقترحات لتطبيقات لشبكة الإنترنت هذه – على سبيل المثال؛ المزادات، والانتخابات، والمفاوضات بشأن العقود، والتجارة السريعة - يمكنها استغلال الظواهر الكمية لتصبح أسرع أو أكثر أمانًا من مثيلاتها التقليدية.

على أن التأثير الأكبر لشبكة الإنترنت الكمية يمكن أن يقع على العلوم ذاتها. فتزامن الساعات باستخدام التشابك يمكن أن يحسِّن من دقة شبكات الملاحة الشبيهة بنظم تحديد المواقع العالمية، من أمتار إلى مليمترات، حسب قول بعض الباحثين. وقد اقترح لوكين وغيره استخدام التشابك لدمج ساعات ذرية متباعدة في ساعة واحدة بدقة متطورة للغاية، يمكنها - حسب قوله - أن تقود إلى وسائل جديدة؛ لرصد موجات الجاذبية مثلًا. أما في علم الفلك، فيمكن للشبكات الكمية الربط بين التليسكوبات البصرية المتباعدة عبر آلاف الكيلومترات، من أجل منحها درجة من الدقة تماثل دقة طبق فضائي واحد يغطي المسافة نفسها. وتُطبَّق هذه العملية - التي يُطلق عليها «قياس التداخل بخط قاعدي طويل جدًّا» - بشكل روتيني في علم الفلك الراديوي، لكن العمل في ترددات ضوئية يتطلب دقة زمنية بعيدة المنال في الوقت الراهن.

الأمن الشبحي

في العقد الماضي، أو نحو ذلك، أظهرت تجارب ابتكرها كريستوفر مونرو[6] - وهو فيزيائي بجامعة ميريلاند في كوليدج بارك - وآخرون بعض المبادئ الأساسية المطلوبة لبناء شبكة كمية بحق، مثل النقل الآني لمعلومات مشفرة في كيوبتات من مكان إلى آخر (انظر: «إنشاء شبكة إنترنت كمية»).

ولمعرفة كيف يتم النقل الآني (الذي اقترحه أيضًا بينيت وبراسارد[7])، لنتخيل مستخدمَين اثنين: أليس، وبوب. بحوزة أليس كيوبت، يمكن أن يكون أيونًا محتجزًا، أو نظامًا كميًّا آخر، وهي ترغب في نقل المعلومات المخزَّنة فيه إلى بوب. ويحدث أن تحصل أليس وبوب على جسيمين "بديلين" – هما من الكيوبتات أيضًا - متشابكين مع بعضهما البعض. إذا كان بإمكان أليس أن تنشئ تشابكًا بين الكيوبت، والجسيم البديل الخاصّين بها، سيتشابك الكيوبت بالتبعية مع جسيم بوب. وكي تتمكن أليس من فعل ذلك، تقوم بنوع معين من القياس المشترَك للجسيمين بحوزتها، ثم تشارك نتائج عملية القياس تلك (وهي بيانات تقليدية عادية) مع بوب. ولاستكمال عملية النقل الآني، يَستخدِم بوب بعد ذلك تلك المعلومات، للتحكم في الجسيم الخاص به، حتى ينتهي به الأمر ليكون في الحالة نفسها التي كان عليها في الأصل كيوبت أليس.

ولأسباب عملية، لا يهم كيف حصلت أليس وبوب على الجسيمات المتشابكة البديلة. فربما كانت ذرات فردية، تم توصيلها مثلًا في حقيبة أوراق، أو هي فوتونات أُرسلت إلى الاثنين من قِبَل طرف ثالث. (أرسلت إحدى تجارب القمر الصناعي «ميسيوس» في العام الماضي أزواجًا متشابكة من الفوتونات إلى محطتين أرضيتين في الصين، على امتداد مسافة قياسية تجاوزت 1,200 كيلومتر.) وبإمكان أليس وبوب أيضًا شَبْك الكيوبتات التي بحوزتهما، عن طريق إطلاق الفوتونات؛ لتتفاعل في موقع ثالث.

إنّ روعة النقل الآني الكمي تتمثل في كون المعلومات الكمية لا تتنقل بشكل فعلي على امتداد الشبكة. فالفوتونات التي تتنقل بالفعل تُستخدم فقط لإنشاء رابط بين أليس وبوب، حتى يمكن بعد ذلك نقل المعلومات الكمية. وإذا لم يفلح زوج من الفوتونات المتشابكة في إنشاء اتصال، فهناك زوج آخر سوف ينجح في ذلك. ويعني ذلك أن المعلومات الكمية لا تُفقد إذا فُقدت الفوتونات.

انشئ الرابط، وكرر العملية

سوف تكون شبكة الإنترنت الكمية قادرة على إنتاج تشابك عند الطلب بين أي مستخدمَين. ويعتقد الباحثون أن ذلك سوف يتضمن إرسال الفوتونات عبر شبكات الألياف الضوئية، ووصلات الأقمار الصناعية، لكن ربط المستخدِمين البعيدين عن بعضهم سيتطلب تقنية يمكنها توسيع نطاق التشابك، بمعنى نقله من مستخدِم إلى آخر، وعبر نقاط وسيطة.

إحدى الطرق التي يمكن من خلالها لمثل ذلك المُكرِّر الكمي أن يعمل كانت قد اقترحها في عام 2001 لوكين ومعاونوه[8]. في مخططهم تُستخدم حواسيب كمية صغيرة، يمكنها تخزين الكيوبتات، وإجراء عمليات بسيطة عليها، من أجل تشابك كيوبت في مرحلة أولية مع كيوبت آخر في مرحلة متأخرة. وفي نهاية الأمر، سوف يسفر تكرار تطبيق عملية "تبادل التشابك" تلك على امتداد مسار في إحدى الشبكات عن حدوث تشابك بين أي مستخدمَين اثنين.

NIK SPENCER/NATURE

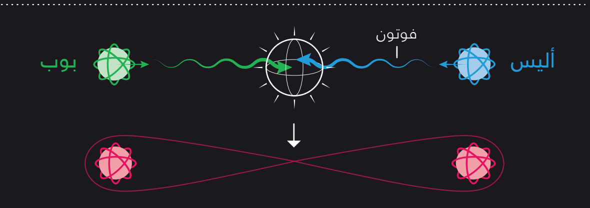


يتوقع الباحثون أن إنشاء شبكة كمية بالكامل سوف يتطلب إنشاء روابط متشابكة بين أي اثنين من المستخدمين، ثم يتم بعد ذلك نقل المعلومات الكمية نقلًا آنيًّا من مستخدِم إلى آخر؛ بمعنى نقل المعلومات دون بثها عبر الشبكة.

إنشاء التشابك

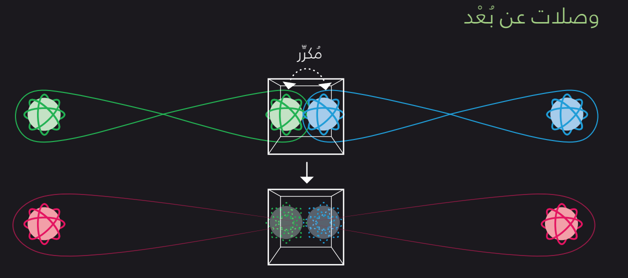


يربط التشابك بين الجسيمات المتباعدة، بحيث إذا تغيرت حالة أحد الجسيمات؛ تغيرت معه حالة الجسيم الآخر. تشكل البتَّات الكمية المتشابكة - أو الكيوبتات - بنجاح قناة اتصال كمي تمتد إلى أيّ مسافة.



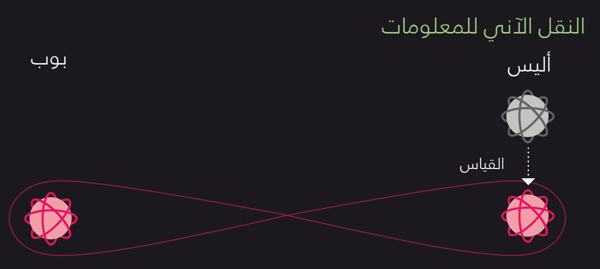
من أجل إنشاء رابط، يمكن لأليس أن تطلق فوتونًا تجاه بوب من الكيوبت الخاص بها. ويفعل بوب الشيء ذاته تجاه أليس. ولأن الفوتونات تتشابك مع الكيوبتات الأصلية الخاصة بها، فعندما تتفاعل؛ تصبح الكيوبتات الخاصة بأليس وبوب متشابكة أيضًا.

وصلات عن بُعْد

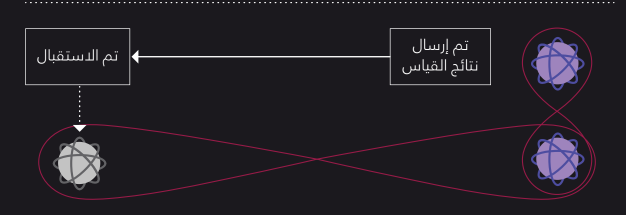


إذا كانت أليس وبوب بعيدين تمامًا عن بعضهما البعض، أو ليسا متصلين بشكل مباشر، فسوف تكون هناك حاجة إلى مكرر كمي واحد أو أكثر؛ من أجل إنشاء التشابك. هنا، يتشابك كيوبت واحد في المكرر مع الكيوبت الخاص بأليس، ويتشابك الثاني مع كيوبت بوب. ومن خلال عملية يجريها المكرر على الكيوبتين اللذين بحوزته، فهو ينشئ تشابكًا بين كيوبتات أليس، وكيوبتات بوب.

النقل الآني للمعلومات



إذا أرادت أليس بعد ذلك أن ترسل معلومات كمية عبر الاتصال القائم، يمكنها إجراء نوع معين من القياس على الكيوبت المتشابك الخاص بها (باللون الوردي)، والكيوبت الذي تريد نقل حالته نقلًا آنيًّا (باللون الرمادي). والآن، يصبح الكيوبت الرمادي متشابكًا مع جسيم أليس الآخر، ومع جسيم بوب.



بعد ذلك ترسل أليس معلومات عن القياس إلى بوب، ما يمكن إتمامه عبر شبكة الإنترنت التقليدية. وبتلك المعلومات، يمكن لبوب إجراء عملية على الكيوبت الخاص به، تضعه في الحالة الأصلية نفسها التي كان عليها كيوبت أليس الثاني. وهكذا تكون الحالة الكمية لجسيم أليس - أي معلوماته الكمية - قد تم نقلها نقلًا آنيًّا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



جزء من تجربة أُجريت في جامعة دلفت للتكنولوجيا في هولندا، تبحث في النظم المبنية على الماس، كمُقدِّمة لشبكة الإنترنت الكمية.

MARCEL WOGRAM FOR NATURE

في عام 2015، أظهر هانسون ومعاونوه كيفية بناء فرع واحد من شبكة عندما قاموا بالربط بين كيوبتين، تم بناؤهما من شوائب أحادية الذَّرة في بلورات من الماس، وتفصل بينهما مسافة تبلغ 1.3 كيلومتر[9]. انتقلت الفوتونات المنبعثة من الكيوبتين في اتجاه محطة وسيطة، حيث تفاعلت هناك، ما نتج عنه إنشاء التشابك. "يبين ذلك أنه بإمكان المرء حقًّا إنشاء تشابُك قوي وموثوق بين معالجين متباعدين للمعلومات الكمية"، حسبما يقول سيث لويد، وهو فيزيائي بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج.

ويدرس الباحثون حاليًّا طرقًا أخرى لبناء الكيوبتات والتحكم بها، بما في ذلك استخدام أيونات فردية معلقة في فراغ، وهو نهج ابتكره مونرو وآخرون، إضافة إلى نُظُم تقوم بمزاوجة الذرات والفوتونات التي تتقافز بين مرآتين داخل تجويف.

ومثل نظام الماس الخاص بهانسون، يمكن استخدام هذه الكيوبتات لبناء مُكرِّرات كمية وحواسيب كمية. ولحسن حظ مَن يأملون في زيادة الاتصالات الكمية، ربما يكون توفير متطلبات المُكرِّر الكمي أقل صعوبة من توفير المتطلبات اللازمة لحاسوب كمي مكتمل الأركان. وقد طرح يوردانيس كيرينيديس - وهو باحث في الحوسبة الكمية بجامعة باريس ديديرو - ذلك الرأي في ورشة عمل عن المُكرِّرات الكمية في سيفيلد بالنمسا في سبتمبر الماضي. يقول: "إذا قلت للباحثين التجريبيين إنك بحاجة إلى ألف كيوبت؛ فإنهم سوف يضحكون. أما إذا أخبرتهم أنك تحتاج عشرة فقط؛ فسيضحكون أيضًا، ولكن بدرجة أقل بعض الشيء".

في الوقت الراهن، أصبحت إمكانية إنشاء شبكة إنترنت كمية مشكلة تخص هندسة النظم. "فمن وجهة نظر تجريبية، أظهر أشخاص العديد من ركائز البناء الأساسية" للشبكات الكمية، حسبما تقول تريسي نورثوب، وهي فيزيائية بجامعة إنسبروك النمساوية، يعمل فريقها على الكيوبتات الموجودة في التجويف، وهو جزء من تحالف الإنترنت الكمي لعموم أوروبا، الذي تعمل وينر منسقة له. وتضيف نورثوب: "لكننا جميعًا نرى مدى صعوبة تجميعها كلها في مكان واحد".

أما عن الأوضاع في الوقت الراهن، فلا يزال تحالف وينر في مرحلة مبكرة للغاية، وما زال يبحث عن تمويل عام، وكذلك عن شركاء من بين الشركات. وفي الوقت ذاته، تمضي شبكة التطبيق الهولندية - التي يقودها هانسون مع اثنين آخرين- قدمًا. وقد عمل هانسون وزملاؤه على تحسين سرعة الأنظمة الخاصة بهم، التي نجحت في تجربة عام 2015 في تشابك 245 زوجًا فقط من الكيوبتات على مدار ما يعادل حوالي 9 أيام. وكان هناك تحد بالغ آخر، هو تحويل الفوتونات بشكل موثوق من الأطوال الموجية المرئية المنبعثة من كيوبتات الماس إلى أطوال موجية تحت حمراء أطول، يمكنها الانتقال بشكل جيد عبر الألياف الضوئية؛ وهذا أمر معقد وصعب، لأن الفوتون الجديد لا يزال يتحتم عليه أن يحمل المعلومات الكمية الخاصة بالفوتون القديم، لكن من دون احتمال استنساخه. وفي وقت سابق من هذا العام، نجح هانسون وزملاؤه في تحقيق ذلك، عن طريق جعل الفوتونات تتفاعل مع شعاع ليزر ذي طول موجي أطول[10]. ومن شأن هذا النهج أن يسمح للكيوبتات بالارتباط عبر مسافات تبلغ عشرات الكيلومترات عبر الألياف.

والآن، يقوم فريق هانسون ببناء رابط بين دلفت ولاهاي، على مسافة 10 كيلومترات. ويأمل الباحثون بحلول عام 2020 أن يكونوا قد انتهوا من ربط أربع مدن هولندية، مع إنشاء محطة تقوم بدور المُكرِّر الكمي في كل موقع من المواقع. وإذا نجح ذلك المشروع، فسوف يكون بمثابة أول شبكة نقل آني كَمّي حقيقية على مستوى العالم. وتهدف المجموعة إلى إتاحة استخدام المشروع عن بُعْد لفرق العمل الأخرى المهتمة بإجراء تجارب متعلقة بالاتصالات الكمية، فيما يشبه كثيرًا التجربة الكمية لشركة «آي. بي. إم» التي تتيح للمستخدمين من أماكن بعيدة إمكانية الوصول إلى حاسب كمي بدائي.

قد تكون الشبكة بمثابة نموذج اختبار للباحثين الذين يأملون في إصلاح بعض عيوب شبكة الإنترنت الحالية، التي ليس أقلها السهولة الشديدة التي يتمكن بها المستخدمون من تزوير أو سرقة الهويات. إنّ "فكرة أنك تستطيع الانضمام إلى شبكة، دون تأكيد الهوية، تمثل مشكلة منذ البداية"، وذلك حسبما صرح روبرت بروبرج، وهو مهندس شبكات يعمل لدى شركة «سيسكو» CISCO، عملاق معدات الاتصالات السلكية واللاسلكية، في اجتماع سيفيلد. وقد اقترحت وينر وآخرون تقنيات كمية، من شأنها أن تتيح للمستخدمين إثبات هويتهم، عن طريق تأكيد أنهم يمتلكون الرمز السري الصحيح (وهو سلسلة من البتَّات التقليدية)، دون إرساله مطلقًا، بل يقوم المستخدم والخادم باستخدام الكود؛ لإنشاء تسلسل من الكيوبتات، وإرساله إلى "صندوق أسود" في المنتصف. ويمكن لذلك الصندوق الأسود فيما بعد - الذي ربما يكون صرافًا آليًّا مثلًا - مقارنة التسلسلين؛ لمعرفة ما إذا كانا متطابقين، أم لا، دون أن يعرف مطلقًا الكود الخاص بهما.

بعض الباحثين يحذِّر من المبالغة في الترويج للمدى الذي يُحتمل أن تصل إليه التقنية. يقول نيكولاس جيسين، وهو فيزيائي بجامعة جنيف في سويسرا، ومؤسس مشارك لشركة «آي. دي. كوانتيك»: "إنّ شبكة الإنترنت الحالية لن تكون أبدًا شبكة كمية بالكامل، كما إن أجهزة الحاسوب لن تصبح أبدًا كمية بالكامل". وربما يكون من الممكن كذلك القيام بكثير من الأشياء، التي يأمل الناس في إنجازها عن طريق الشبكات الكمية، باستخدام التقنيات الأكثر تقليدية. يقول نوربرت لوتكنهاوس، وهو فيزيائي بجامعة واترلو في كندا، ويساعد حاليًّا في تطوير المعايير الخاصة بشبكة الإنترنت الكمية المستقبلية: "أحيانًا، قد يبدو شيء ما فكرة صعبة المنال في البداية، ثم يتضح أنه سهل التحقيق، من دون التأثير الكمي".

سوف نعرف مع الوقت ما إذا كانت البشائر التي تحملها شبكة الإنترنت الكمية سوف تتحقق، أم لا. فعلى قَدْر عِلْمنا، فإن النقل الآني ظاهرة لا تحدث في الطبيعة، رغم أنها ممكنة من الناحية الفيزيائية، كما يقول زيلينجر، الذي يضيف: "لذا، فإن ذلك الأمر جديد تمامًا على البشرية، وربما يستغرق بعض الوقت".

إن إلمام وينر بكل من الفيزياء وأمن الشبكات جعل منها نقطة مرجعية للأشخاص في هذا المجال. وبعد أن أنجزت الكثير من العمل في نظرية الكَمّ الأساسية، ترغب وينر في استغلال هذه الفرصة؛ لبلورة تلك الشبكات المستقبلية. تقول: "بالنسبة لي، يمثل الأمر حلقة كاملة حقًّا". ■

دافيديه كاستيلفيكي مراسل أول لدورية *Nature* في لندن.

1. Bouwmeester, D. *et al. Nature* **390,** 575–579 (1997).
2. Wiesner, S. *SIGACT News* **15,** 78–88 (1983).
3. Bennett, C. H. & Brassard, G. *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Syst. Signal Process.* **1,** 175–179 (1984).
4. Bennett, C. H. & Brassard, G. *SIGACT News* **20,** 78–80 (1989).
5. Liao, S.-K. *et al. Phys. Rev. Lett.* **120,** 030501 (2018).
6. Moehring, D. L. *et al. Nature* **449,** 68–71 (2007).
7. Bennett, C. H. *et al. Phys. Rev. Lett.* **70,** 1895–1899 (1993).
8. Duan, L.-M., Lukin, M. D., Cirac, J. I. & Zoller, P. *Nature* **414,** 413–418 (2001).
9. Hensen, B. *et al. Nature* **526,** 682–686 (2015).
10. Dréau, A., Tcheborateva, A., El Mahdaoui, A., Bonato, C. & Hanson, R. Preprint at https://arxiv.org/abs/1801.03304 (2018).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بُوم... مِن أجل السلام

برنامجٌ لاستخدام الطيور الجارحة، بدلًا من مبيدات الآفات في الشرق الأوسط، يستحث تعاونًا عابرًا للحدود.



في أوائل عام 1982، مَنَحَت حديقة الحيوان التابعة لجامعة تل أبيب في إسرائيل عالِمَ الطيور يوسي ليشيم هدية غير معتادة؛ وهي 15 بومة من بُوم الحظائر (المعروف كذلك بالبُوم المصّاص). كان لدى حديقة الحيوان فائض من البُوم، وقال ليشيم إن بمقدوره الاستفادة منه. وضع ليشيم البُوم في شاحنة صغيرة، وذهب به شمالًا إلى إحدى الكيبوتزات (مَزارع يهودية جماعية) في سهل الحولة. كانت المزارع الموجودة هناك مُبتلاة بشدة بفئران الحقل، لدرجة أنّ في بعض الأعوام كانت حقول بأكملها تطنّ بصوت صريرها العالي. ساور ليشيم - الذي كان يعمل لصالح «جمعية حماية الطبيعة في إسرائيل» – القلق، لأن المزارعين في محاولتهم مكافحة الآفات كانوا يُفْرِطون في استخدام مادة كيميائية قاتلة للقوارض، تُسمَّى «فلوروأسيتات الصوديوم»، أو المركَّب 1080. كانت هذه المادة قد حُظِر استخدامها قبل ذلك الحين بعشر سنوات في الولايات المتحدة، بسبب تأثيراتها السامة على الدببة الرمادية، والصقور، والعقبان. وفي إسرائيل، كانت هذه المادة تتسبب في مقتل الطيور المهاجرة، وطيور البلشون المستوطنة. رأى ليشيم أن بُوم الحظائر (واسمه العلمي *Tyto Alba*)، الذي يحب التغذي على القوارض في الحقول الزراعية، ولا يزعجه العيش على مقربة من البشر، ربما يكون الحلّ، فبمقدوره مكافحة القوارض بصورة طبيعية.

في ذلك العام، استُدعي المُزارع الذي كان ليشيم قد خَطَّط للعمل معه للخدمة بالجيش الإسرائيليّ، من أجل الحرب في لبنان، وقُتل هناك. لم يردع ذلك ليشيم، الذي شارك بدوره في الحرب. وفي العام التالي، أعاد بدء تجربته

مَزارع أردنيّ يحمل بومة من بُوم الحظائر في كيبوتز «سديه إلياهو» في إسرائيل.

جوزي جلاسيوز

بمساعدة مُزارع آخر، فأعَدَّ صناديق تعشيش البُوم في كيبوتز يُسمى «سِديه إلياهو»، إلى الجنوب من وادي بيت شيعان بإسرائيل.

وبعد أكثر من ثلاثة عقود، وعدد كبير من الصراعات اللاحقة، حقق استخدام بُوم الحظائر في مكافحة القوارض نجاحًا فاق أَشَدّ توقعات ليشيم تفاؤلًا، وانتشر في أرجاء واسعة من إسرائيل، والأراضي الفلسطينية المجاورة، والأردن. وجَمَع هذا الأمر علماء عرب وإسرائيليين معًا في وقت تزداد فيه حدة التوترات السياسية. وعن هذا يقول ليشيم، الذي يعمل الآن أيضًا في جامعة تل أبيب: "تمتلك الطيور القدرة على جَمْع الناس معًا؛ لأنها لا تعرف الحدود".

في شهر يناير الماضي، اجتمع عددٌ من الباحثين من دول بالشرق الأوسط، والبحر المتوسط، وشمال أفريقيا في أحد المنتجعات على البحر الميت في الأردن؛ بهدف مشاهدة صناديق تعشيش بُوم الحظائر في الحقول، ومناقشة النتائج العلمية، ووضع خطط لجهود مماثِلة في مصر، وقبرص، واليونان، وتونس، والمغرب. يفيد هذا البرنامج المزارعين، والتنوع الحيويّ، والشبكات الاجتماعية السياسية على السواء، وذلك حسب قول سارة كروس، اختصاصية عِلْم الحفظ الحيويّ بجامعة كاليفورنيا في ساكرامنتو، التي ستستضيف في شهر مارس بعض الباحثين المشاركين في ورشة عمل إسرائيلية- أمريكية مشتركة، تدور حول هذا الموضوع.

يقول المؤيدون إن هذا المشروع أكثر أهمية من أي وقت مضى، في أعقاب إعلان الرئيس الأمريكيّ دونالد ترامب في ديسمبر الماضي اعتزام الولايات المتحدة الاعتراف بالقدس عاصمةً لإسرائيل، وهو ما تَسَبَّب في توتر العلاقات بين إسرائيل وجيرانها. ويقول منصور أبو راشد، الذي يعمل مع ليشيم ويدير «مركز عَمّان للسلام والتنمية»، وهو منظمة غير حكومية مُكرَّسة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

لتعزيز الحوار بين شعوب الشرق الأوسط: "من الصعب أن نطلب من الناس في الأردن، أو الدول العربية الأخرى، التعاون مع إسرائيليين في ضوء إعلان ترامب، لكن ينبغي أن يواصل العلماء تعاونهم؛ من أجل نفع أهل المنطقة؛ ومن أجل السلام".

وسائل مكافحة طبيعية

لم يبدأ مشروع البُوم بداية سلسة؛ فصناديق التعشيش الأُولى، التي تمّ استيرادها من أوروبا، لم تكن مُصمَّمَة بما يناسب المناخ الحار، وتسببت في شَيّ بعض صغار البُوم حتى الموت. وفي غضون حوالي خمسة عشر عامًا، انتشر المشروع في وادي بيت شيعان كله، على مساحة مقدارها حوالي 16 ألف هكتار، وذلك حسب قول شاؤول أفيل، مُزَارع «سديه إلياهو»، الذي عمِل مع ليشيم في تدشين البرنامج هناك. ويقول أفيل إنّ أُولَى أمارات النصر تجسدت في مزارع التمر، حيث إنّه في استطاعة الفئران تسلُّق نخيل التمر والتعشيش فيه، ولا يمكن بيع التمور التي قضمتها الفئران، ولوثتها ببرازها، لكنّ هذا الضرر اختفى حين تأسست مبادرة بُوم الحظائر. ويقول أفيل إن البرنامج «ناجح بنسبة 100%» في محاصيل القمح، والتمر، والزيتون، والرمان، غير أن البُوم لا يكفي لحماية كل المحاصيل؛ فمثلًا لا تستطيع القوارض منع نفسها من التهام براعم البرسيم الحجازي اليانعة.

انتشر استخدام المزارعين الإسرائيليين للبُوم، غير أن ليشيم أدرك أن ثمة مشكلة تواجه البرنامج؛ فالبُوم اليافع الذي تربى في صناديق التعشيش في وادي بيت شيعان كان ينتشر في أنحاء وادي الأردن، الذي تتقاسمه الأراضي الفلسطينية والأردن. وحين كان البُوم يعبر الحدود، تسببت مبيدات القوارض أحيانًا في تسميمه.

وفي عام 2002، قابل ليشيم أبو راشد، وهو لواء جيش أردنيّ متقاعد كان له دور محوري في صياغة معاهدة السلام المبرمة في عام 1994 بين إسرائيل والأردن، وتعاونا معًا. وبحلول عام 2008، وبعد بعض العقبات التي سَبَّبها مزيد من أعمال العنف السياسي بالمنطقة، حصل ليشيم، وأبو راشد، وعماد الأطرش، مدير «جمعية الحياة البرية في فلسطين» في بيت ساحور، على تمويل من الاتحاد الأوروبي، والوكالة الأمريكية للتنمية الدولية؛ من أجل بدء المشروع، بوصفه برنامجًا عابرًا للحدود.

أَعَدّ الباحثون صناديق تعشيش في مواقع للدراسة عبر ثلاث مناطق في وادي الأردن، ودرَّبوا المزارعين، وعرَّفوا المجتمعات المحلية بالبرنامج. وفي الوقت الحالي، توجد آلاف من صناديق التعشيش في إسرائيل، ومئات منها في أماكن أخرى بالمنطقة (انظر: «طيور عابرة للحدود»)، رغم أن بعض الأطفال الفضوليين خرَّبوا بعضها في الأراضي الفلسطينية، وذلك حسب قول عماد الأطرش. ويقول أبو راشد إنه رغم تشكُّك معظم المزارعين في الطيور في البداية، حيث إن البُوم ذا اللون الأبيض الشاحب يُعَد نظير شؤم في أجزاء عديدة من الشرق الأوسط، إلا أنهم غيروا رأيهم، بعد أن رأوا نتائج المشروع. ففي الشرق الأوسط، يمكن لزوج من بُوم الحظائر التهام ما بين ألفين و6 آلاف حيوان ثديي صغير سنويًّا. ويضيف أبو راشد: "يشعر المزارعون بتأثير ذلك في محصولهم السنوي".

مواد كيميائية أقل

يقول مناصرو المشروع إنّ نتائجه مبهرة إجمالًا، واستخدام مبيدات القوارض يرتفع وينخفض بما يتوافق مع دورات الزيادة والانخفاض الطبيعية في عدد القوارض، غير أن استخدام المركّب 1080 في الحقول الإسرائيلية انخفض بمتوسط يتراوح بين 40، و60 في المائة منذ بدء البرنامج، وذلك حسب قول يواف موترو، عالِم البيئة بوزارة الزراعة الإسرائيلية في بيت دجن. (لم تُنشَر دراسة موترو، لكنه قدّم النتائج في أحد المؤتمرات)، حيث قال موترو إن مفترِسات القوارض الطبيعية الأخرى - ومنها صقور العوسق، والثعالب، وبنات آوى، وطيور اللقلق - تلعب دورًا حين لا يجري استخدام مبيدات القوارض، لكن أفضل الأدلة على أن بُوم الحظائر يتسم بالفاعلية - كما يقول يورام يوم-توف، اختصاصي علم الحيوان بجامعة تل أبيب - هي أن المزارعين المهتمين بما يجنونه من أرباح لكل فدان يختارون استخدامها، بدلًا من رش المبيدات الكيميائية.

تعلَّم الباحثون الكثير أيضًا عن عادات الصيد الخاصة بالبُوم، من خلال البرنامج. فقد كان عالِم البيئة موتي تشارتر - من «معهد شامير البحثي» بجامعة حيفا في إسرائيل - قد ربط أجهزة إرسال لاسلكي ببُوم الحظائر، وتبيّن أنه يستطيع الطيران ما بين 4 و7 كيلومترات، بعيدًا عن صناديق التعشيش كل ليلة؛ بحثًا عن الفرائس؛ وهي مسافة أبعد كثيرًا من المسافة التي افترضها العلماء الإسرائيليون في البداية، ومقدارها 500 متر. (تمخضت الأبحاث التي تَستخدِم أجهزة الإرسال اللاسلكي مع بُوم الحظائر في دول أخرى عن نتائج مشابهة). وفي مؤتمر البحر الميت، الذي انعقد في يناير من العام الجاري، قدَّم عالِمَ الطيور، ألكسندر رولين - من جامعة لوزان بسويسرا - تقريرًا عن دراسته البحثية التي لم تُنشَر بعد، موضحًا أن اللون الأبيض لبُوم الحظائر ربما يحسِّن فرص نجاحه في الصيد. فالفئران تنفر من الضوء الساطع بطبيعتها، ومن ثم، فإنها تتسمّر في أماكنها عند مواجهة اللون الأبيض الشاحب للبُوم. وقد وجد رولين، الذي بدأ التعاون مع المشروع منذ ثماني سنوات، بعد أن قابل ليشيم في اجتماع علميّ، أن في الليالي المُقمِرة يتعزز هذا التأثير؛ إذ يتسبب ضوء القمر في جعل ريش البُوم أكثر سطوعًا، وهو ما يجعل القوارض تتسمّر في أماكنها لفترات أطول.

طيور عابرة للحدود

شُيدَت آلاف من صناديق تعشيش بوم الحظائر؛ لمكافحة آفات القوارض في إسرائيل، والأراضي الفلسطينية، والأردن.

تلتزم دورية *Nature* الحيادية في خرائطها فيما يخص المنازَعات حول السيادة.

SOURCE: ORI PELEG/ALEXANDRE ROULIN

نشر الخبر

ليست إسرائيل، والأردن، والأراضي الفلسطينية هي الأماكن الوحيدة التي استُخدِمَ فيها بُوم الحظائر، بغرض مكافحة الآفات، وإنْ كانت هي مكان البرنامج الوحيد العابر للحدود. فقد استخدم المزارعون في ماليزيا بُوم الحظائر منذ عام 1988؛ لمكافحة القوارض في مزارع نخيل الزيت، رغم أن الحكومة تشجع أيضًا استخدام مبيدات القوارض، حسبما يقول تشارتر. وتقول كروس إن بعض المزارعين في كاليفورنيا بدأ بالفعل في استخدام صناديق تعشيش بُوم الحظائر وصقور العوسق؛ لحماية بساتين الليمون، وأشجار الجوز، ومَزارع العنب، وغيرها من المحاصيل. كما تشير إلى أن فكرة استخدام الطيور كوسيلة بيولوجية للمكافحة يرجع تاريخها إلى القرن التاسع عشر في الولايات المتحدة، كجزء من مجال يُسمَّى علم الطيور الاقتصادي، الذي جرى تعريفه وقتذاك - حسب إحدى المراجعات في عام 1899 - بأنه "دراسة الطيور من منظور الدولارات والسنتات"، غير أن الفكرة طواها النسيان بمجرد أن صارت مبيدات الآفات مُستخدَمة على نطاق واسع. ومؤخرًا، بدأت هذه الممارَسة تعود إلى الحياة ببطء، بسبب تناقل الحديث عنها أساسًا.

تُتَابِع كروس وغيرها من العلماء نتائج ما يحدث في وادي الأردن باهتمام. ويقول خافيير بينيولا، عالِم البيئة في «معهد بحوث موارد الصيد» بمدينة ثيوداد ريال في إسبانيا: "إنه مشروع مذهل". فقد تعاون بينيولا في بلده الأمر مع منظمة الحفاظ على البيئة، غير الحكومية، المسماة «مجموعة إصلاح الحياة الحيوانية الأصلية وموائلها» GREFA، التي شيّدت أكثر من ألفي صندوق تعشيش لبُوم الحظائر، وصقور العوسق؛ بهدف السيطرة على أعداد فئران الحقل. ويقول تشارتر إن تجارب صغيرة النطاق، مستلهَمة من الخبرة الإسرائيلية، قد بدأت في كل من الأرجنتين، وأوروجواي. وفي قبرص، شُيِّدَ 27 صندوق تعشيش لبُوم الحظائر في تعاون تجريبيّ مع إسرائيل في عام 2015، والهدف هو بناء حوالي 60 صندوق تعشيش أخرى هذا العام، وذلك حسب قول إلينا ماركيتاني، مسؤولة التنمية بمنظمة «حياة الطيور بقبرص» غير الحكومية، التي تعمل على الحفاظ على الطيور البرية في البلاد. ويقول مارتن هليكار - مدير المنظمة - إن برنامج الشرق الأوسط "شيء رائع، يجب تجربته واستنساخه، مع تكييفه ليتلاءم مع الظروف المحلية". ومع ذلك.. وباستثناء المشروع الإسرائيليّ، توجد ندرة في البيانات الموثوق بها بشأن استخدام البُوم في مكافحة القوارض، وذلك حسب قول لورينز سوانبويل، اختصاصي عِلْم الحفظ الحيوي بجامعة فندا في ثوهوياندو بجنوب أفريقيا.

يقول رولين إن العلماء العاملين في مشروع وادي الأردن يتجنبون - بشكل عام - الحديث في السياسة. ومع ذلك، فهم منتبهون لما يخلفه عملهم من صدى سياسي. ففي العام الماضي، نشر رولين وتشارتر، وأبو راشد، وليشيم، وآخرون ورقة بحثية بعنوان «الطبيعة لا تعرف حدودًا.. دور الحفاظ على الطبيعة في بناء السلام» (A. Roulin *et al*. *Trends Ecol. Evol.* **32**, 305–310; 2017)، وأوضحوا فيها أن مِن شأن تدابير معينة، مثل مشروع البُوم، أن تساعد على التوفيق بين المجتمعات المتصارِعة، وبناء الثقة المشتركة، دون إثارة القضايا الحساسة التي تكمن في جذور الصراع. ويقول ليشيم: "في منطقة يسودها الصراع، بمقدور مشروع كهذا، أو أي مشروع مشترك، أن يكون ذا نفع، لأن خلاصة القول هي أن السياسيين يخفِقون. أعلم أنني لن أحل مشكلة الشرق الأوسط، لكنْ بإمكاني أن أؤدي دوري الصغير في هذا الشأن". ■

جوزي جلوسيوز صحفية شؤون علمية في إسرائيل.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تعليقات

JUHO AALTO

منطقة مُسَيَّجة لقياس تبادل الغازات بين النباتات والغلاف الجويّ في إحدى المحطات بفنلندا

بناء مرصد أرضيّ عالميّ

يدعو **ماركو كولمالا** إلى إجراء رصد مستمر وشامل للتفاعلات بين سطح الكوكب، والغلاف الجويّ.

تغيُّر المناخ ... أمن المياه، والأمن الغذائيّ ... تلوّث الهواء في المناطق الحضرية ... ثمة صلة بين هذه التحديات البيئية الكبرى جميعها، لكنْ كل مجال منها يخضع للدراسة بشكل منفصل.

تؤثر التفاعلات بين سطح الأرض والغلاف الجويّ على المناخ، ونوعية الهواء، والدورات المائية. فالتغيّرات في أحد هذه العناصر يؤثر على البقية. فعلى سبيل المثال.. تعزز زيادة ثاني أكسيد الكربون من عملية التمثيل الضوئيّ. وبينما تنمو النباتات، تسحب غازات الدفيئة من الغلاف الجويّ، لكنها تُصدِر أيضًا مُركّبات عضوية متطايرة، مثل التربينات الأحادية. تُسرِّع هذه المُركّبات من تكوين جسيمات الهباء الجوي، التي تعكس ضوء الشمس، لتعيده إلى الفضاء. تؤثر كذلك أفعالنا البشرية، مثل سياسات مكافحة الانبعاثات والتوسع الحضريّ والحراجة، على الغلاف الجويّ، والأرض، والبحار[1-5].

تتبع الأقمار الصناعية والمحطات الأرضية غازات الدفيئة، أو استجابات النظم البيئية، أو المادة الجسيمية، أو غاز الأوزون بشكل مستقل عن بعضها البعض. وتُجرَى أحيانًا عمليات رصد مشترك، لكنْ في فترات قصيرة مكثفة. فتوجد مناطق شاسعة من العالم، بما في ذلك أفريقيا، وشرق أوراسيا، وأمريكا الجنوبية، تكاد لا تؤخذ منها عينات. ومن ثمّ، تكون النتيجة معلومات متنافرة، لا تقدم سوى قدر ضئيل من الأفكار. فالأمر أشبه بمحاولة التنبؤ بالطقس في شهر نوفمبر، باستخدام قياسات غير مكتملة للأمطار، أو الرياح، أو درجة الحرارة، أو الضغط من شهر يونيو.

والحلّ هو إنشاء مرصد أرضيّ عالميّ، يضم ألفًا أو أكثر من المحطات الأرضية المجهَّزة تجهيزًا جيدًا حول العالم؛ لتتعقب البيئات والأنظمة البيئية الرئيسة بصورة كاملة ومستمرة. وستُربَط البيانات المستقاة من هذه المحطات بتلك الواردة من عمليات الاستشعار عن بُعْد بواسطة الأقمار الصناعية، والتجارب المعملية، والنماذج الحاسوبية. يمكن للباحثين اكتشاف آليات جديدة، وحلقات ارتجاع معلومات[6] في مجموعة البيانات المتسقة هذه. ويكون كذلك بمقدور صانعي السياسات اختبار السياسات وآثارها، وباستطاعة الشركات تطوير الخدمات البيئية. يضاف إلى ذلك التمكُّن من تقديم الإنذارات المبكرة في حالات الطقس القصوى، واتخاذ ردود فعل سريعة في أثناء الحوادث الكيميائية وبعدها مباشرة.

خضعت مسألة إنشاء مرصد عالميّ للنقاش على ◄

مدار أكثر من عقد من الزمن، لكنها لم تصبح قابلة للتنفيذ[7] إلا في الوقت الحاضر فحسب. فقد تطوّرت المعدّات اللازمة لذلك؛ وصار - على سبيل المثال - بإمكان مقاييس الطيف الكتليّ في الوقت الحالي قياس الآلاف من كيماويات الغلاف الجوي في آن واحد. وأوضح فريقي ومجموعة الباحثين المتعاونين معه كيف يمكن الحصول على مجموعة تقريبية من القياسات البيئية في محطة واحدة، اسمها «سمير 2» SMEAR II (وهو اختصار للحروف الأولى باللغة الإنجليزية لاسم «محطة قياس العلاقات بين النظام البيئيّ والغلاف الجويّ») في منطقة الغابات الشمالية من فنلندا.

صارت المبادرات الإقليمية للدمج بين الرصد الفضائيّ والأرضيّ وتوسيع نطاقهما مستقرة بما يكفي للبدء في تنفيذ محطات مشابهة على المستوى العالميّ. تشمل هذه المبادرات «بيكس» PEEX (التجربة الأوراسية)، و«دبار» DBAR (مبادرة الحزام الرقميّ والطريق)، وهي مبادرة بحثية مرتبطة بمبادرة الصين المعروفة باسم «حزام واحد، طريق واحد»، وهي استراتيجية إنمائية تغطي مساحة تتضمن 65 دولة تقع بين الصين وأوروبا، وتصل إلى أقصى الجنوب حتى دولة كينيا. وتتخذ «المنظمة العالمية للأرصاد الجوية» خطوات في الوقت الراهن نحو إنشاء مرصد عالميّ. وينبع الاستعجال في هذا الصدد من أنه يتحتم خفض الانبعاثات الكربونية بعد عام 2020 (المرجع 8).

لا يزال نطاق المشروع حافلًا بالتحديات؛ فهو يتطلب تحولًا شاملًا في كيفية جمع البيانات البيئية ونشرها.

شبكة متكاملة

تُعَد التغطية غير الكاملة من المحطات الأرضية القيد الرئيس على عمليات رصد ظروف كوكب الأرض. فيمكن للأقمار الصناعية مراقبة بعض المُركّبات، مثل ثاني أكسيد الكربون، والأوزون، والهباء الجوي، بصورة مستمرة على نطاق الكوكب بأكمله تقريبًا، لكنها لا تستطيع تحليل العمليات أو التدفق، أو تتبع المئات من المُركّبات الإضافية موضع الاهتمام. لذا يجب أن تكون البيانات الواردة من الأقمار الصناعية "مُدعَّمة بملاحظات أرضية مباشرة"؛ فالنماذج تحتاج إلى بيانات للتحقق من صحتها.

أُقيمت شبكات المحطات الأرضية الحالية، دون النظر إلى الصورة الكلية الشاملة. فكل فرع معرفيّ أو فريق عمل يصمم ويبني محطات تناسِب الغرض الذي يخصه. ومن ثم، تخضع غازات الدفيئة وكيماويات الغلاف الجوي والنظم البيئية للرصد في مواقع مختلفة. كذلك تركّز الهيئات المموِّلة على المصالح الوطنية.

تتبنى محطة «سمير 2» نهجًا أكثر تكاملًا.. فعن طريق استخدام أحدث مقاييس الطيف الكتليّ، والرادارات السحابية، وأجهزة الليدار (أدوات الكشف وتحديد المدى باستخدام الضوء) مع الغلاف الجوي، ترصد المحطة أكثر من ألف متغير. وتشمل هذه المتغيرات غازات الدفيئة، والغازات النزرة، والهباء الجوي، فضلًا عن مؤشرات التمثيل الضوئيّ، ودرجة حرارة التربة والرطوبة، وتدرّجات المغذيات.

يتمثّل التحدي في إقامة محطات مماثلة في جميع أنحاء العالم، وإدماج الخبرات المحلية. ستكون الأماكن الجيدة للبدء هي المناطق العالمية الثلاث التي تندر فيها التغطية، وكذلك في المدن الكبرى.

المناطق المفتقرة إلى التغطية

القطب الشماليّ، والمناطق الشمالية: تُعَد بلدان الاتحاد السوفيتي السابق - ومنها روسيا، وكازاخستان - مختبرات حاسمة للتغيّر العالميّ. فهذه الدول غنية بالمعادن، والنفط، والغاز الطبيعي؛ إذ تحتوي سيبيريا على 85% من احتياطيات روسيا المحتمَلة من الغاز، و75% من الفحم، و65% من النفط. ويتسبب تغيّر المناخ حاليًّا في تغيير بيئات هذه المناطق بخطى سريعة. وثمة أمور كثيرة لا نعرفها. فعلى سبيل المثال، ما مدى سرعة اختفاء الأراضي دائمة التجمد؟ وهل اخضرار أراضي القطب الشمالي يزيل الكربون، أم ينتج الهباء الجويّ؟ وهل ستزداد انبعاثات الميثان زيادة هائلة، ومن ثم ترفع من درجة الاحترار العالمي؟

في هذه المنطقة - كما في غيرها من الأماكن الأخرى - يحتاج الباحثون إلى رصد الأهباء الجوية إلى جانب غازات الدفيئة (مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان)، وغيرها من الغازات النزرة (المُركَّبات العضوية المتطايرة)، وأكاسيد النيتروجين، والأوزون، وثاني أكسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، والأمونيا). تبدأ محطتان في الوقت الحالي في توسيع نطاق عمليات الرصد التي تستطيعان إجراءها، وهما «مرصد تيكسي للأرصاد الجوية المائية» في دلتا نهر لينا في شرق روسيا، و«مرصد زوتينو العالي» في جنوب غرب سيبيريا، على بعد 500 كيلومتر من مدينة تومسك. ولتغطية المنطقة بشكل مثالي، سيلزم وجود حوالي 30 محطة شاملة، تبعد كل منها ألف كيلومتر عن الأخرى. ولا بد أن تُدرَج مسألة إنشاء مرصد عالميّ في جداول أعمال الاجتماعات المقبلة للحكومة الروسية، ومجلس القطب الشمالي.

أفريقيا: يزداد عدد سكان القارة بإيقاع سريع؛ فقد تضاعَف منذ عام 1987، ووصل إلى 1.2 مليار نسمة في عام 2015. في الوقت نفسه، أصاب الجفاف مناطق كانت خصبة في الماضي، الأمر الذي يمثّل تحديًا صعبًا فيما يخص إمدادات المياه والغذاء، ويتطلب استراتيجيات لتخزين مياه الأمطار، والحفاظ على رطوبة التربة[9]. يلزم كذلك تحسين فَهْمنا للدورات المائية، وغيرها من الدورات الجيوكيميائية الحيوية، لكن المراقبة في أفريقيا تقتصر بشكل أساسيّ على عمليات الرصد قصيرة الأجل لبالوعات الكربون ومصادره (بواسطة شبكة «فلكسنت» العالمية)، وبعض عمليات الرصد لنوعية الهواء، التي تقيس نحو اثني عشر متغيرًا.

ينبغي بناء 30 محطة على الأقل في أفريقيا، ويجب أن تشمل هذه المحطات محطة واحدة على الأقل في كل نظام بيئيّ رئيس له صلة بالغذاء والماء، بما في ذلك الغابات المطيرة، والسافانا، وأشباه الصحاري. وينبغي تحديد المواقع الرئيسة بالتعاون مع المنظمات المحلية والعلماء المحليين. وعلى المنظمات التابعة للأمم المتحدة والبنوك الإنمائية والمؤسسات الخاصة التي تعمل في القارة الأفريقية أن تسهم بالدعم.

أمريكا الجنوبية: يُعتبَر حوض نهر الأمازون من الأماكن بالغة الأهمية اللازم رصدها، نظرًا إلى مساحته الشاسعة، وتأثيره على دورات الكربون والدورات الهيدرولوجية على المستوى العالميّ. يُشكِّل الحوض نظامه المناخيّ الخاص به، الذي يتعرض للتغيّر في الوقت الراهن[10]، نتيجة للتوسع الزراعي، وإزالة الغابات. وسوف تؤثر هذه الاضطرابات - إلى جانب التغيّرات المناخية - على تخزين الكربون والدورات المائية، لكن لا يتوفر سوى قليل من المعلومات، بينما لا توجد عمليات رصد مُجمَّعة، فمرصد الأمازون العالي وحده - الذي يقع على بعد حوالي 150 كيلومترًا شمال شرق مدينة ماناوس البرازيلية - هو الذي يتخذ الآن خطوات لزيادة نطاق البيانات التي يتم الحصول عليها، واستمراريتها.

تحتاج قارة أمريكا الجنوبية إلى ما لا يقل عن 20 محطة



أربع مناطق مفتقرة إلى التغطية

ستسهم إقامة محطات لمراقبة الهواء، والتربة، والنظم البيئية في أنحاء أوراسيا، وأفريقيا، وأمريكا الجنوبية، وفي المدن الكبرى، في سدّ فجوات بالغة الأهمية في شبكة أي مرصد عالمي.

1 تحتاج البلدان الأفريقية، مثل الصومال، إلى تحسين الرقابة على الدورات المائية، من أجل تطوير استراتيجيات تساعد في الحفاظ على رطوبة التربة.

من هذه النوعية، مع ضرورة أن تُقام سبعة منها في ولاية أمازوناس البرازيلية. ويلزم تحديد المواقع بالضبط مع العلماء والمنظمات المحلية.

المدن: تشهد المناطق الحضرية نموًّا؛ حيث تَضاعَف عدد سكان الحضر ثلاث مرات منذ عام 1970. ويعيش أكثر من 55% من سكان العالم في المناطق الحضرية. ويُمثِّل الحصول على بيانات أفضل عن جودة المياه حاجة ملحة تحديدًا في هذا الصدد. ويجري في الوقت الراهن رصد أقل من 15 متغيرًا بشكل عام في مواقع موجودة في المناطق الحضرية، وتكون البيانات غالبًا منخفضة الجودة.

يسكن بكل مدينة من بين أكثر من ثلاثين مدينة كبرى في شتى أنحاء العالم أكثر من عشرة ملايين شخص، ويُقدَّر عدد السكان في المئات من المدن بالملايين. وينبغي أن يكون لكل مدينة كبيرة مرصد شامل واحد على الأقل، ومجموعة من المحطات المحلية الأكثر بساطة. ويجب كذلك على المنتدى العالمي لرؤساء البلديات، وعلى الدول الأعضاء في مجموعة العشرين، وَضْع مسألة إنشاء مرصد عالميّ على جدول أعمالها.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



3 ستساعد قياسات غازات الدفيئة في سيبيريا في الكشف عن آثار ذوبان الأراضي دائمة التجمد.



4 تحتاج المدن الكبرى، مثل لاجوس، إلى بيانات أدق بشأن نوعية الهواء.



2 تؤدي إزالة الغابات في حوض نهر الأمازون حاليًّا إلى تغيير النظام المناخيّ للمنطقة.



SOMALIA: SIEGFRIED MODOLA/REUTERS; AMAZON: UESLEI MARCELINO/REUTERS; SIBERIA: JEREMY NICHOLL/EYEVINE; LAGOS: PIUS UTOMI EKPEI/AFP/GETTY

فعالية التكلفة

لا بد من إنشاء مرصد عالميّ يضم شبكة من ألف محطة فائقة في غضون فترة تتراوح بين 10 و15 سنة. ستبلغ التكاليف ما بين حوالي 10 ملايين يورو (ما يعادل 11.8 مليون دولار أمريكيّ) إلى 20 مليون يورو لكل محطة، أو ما بين 10 مليارات و20 مليار يورو للمشروع برمته. تتشابه هذه التكلفة مع تكلفة بناء مصادم الهدرونات الكبير بالقرب من جنيف في سويسرا، أو تكلفة الجدار الذي اقترح الرئيس الأمريكي دونالد ترامب تشييده؛ ليفصل بين بلده والمكسيك.

ينبغي بناء المحطات، أو رفع مستواها باستخدام نهج مكوَّن من نماذج. فالنماذج المختلفة تستهدف - على سبيل المثال - كيمياء الغلاف الجوي، والأرصاد الجوية الدقيقة، وكيمياء التربة. ويتكلف كل نموذج نحو 500 ألف إلى مليوني يورو للتطوير والتركيب. وتضيف مصروفات الصيانة السنوية ما بين 3 إلى 6% سنويًّا إلى هذه التكاليف.

سيكون من الضروري مواءمة المعدّات، ومعايرتها، وتوحيد معاييرها، وسيلزم تطويرها وتحديثها ورفع مستواها مع تحسّن التقنيات. ولا بد من النظر في مسألة مشاركة البيانات، بشرط أن تكون المعلومات موثوقة ومفتوحة للجميع. وسيلزم وجود علماء بيانات لتحليل البيانات، وتطوير منتجات تتدفق من المحطات إلى المستخدمين وسجلات الحفظ. وإضافة إلى ذلك، ستكون هناك حاجة إلى موظفين فنيين لإدارة المحطات.

أما الشبكات القائمة بالفعل، فهي بحاجة إلى تنسيق ممارساتها. وتتضمن هذه الشبكات برامج علمية، مثل «بيكس»، ومبادرة «دبار»، و«فلكسنت»، ومنظمات دولية مثل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، ومبادرة «أرض المستقبل»، ومؤسسات وشركات عالمية خاصة، وهيئات بلدية وحكومية وتابعة للأمم المتحدة.

ينبغي أيضًا الجمع بين البِنَى التحتية التكميلية، مثل ما يلي: النظام المتكامل لملاحظة الكربون، ونظام رصد الغلاف الجوي العالمي، التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، وشبكة البنية التحتية لبحوث الأهباء الجوية والسُّحُب والغازات النزرة، وشبكة بحوث النظم البيئية طويلة الأمد بأوروبا، والبنية التحتية للتحليل والتجريب على النظم البيئية. وستتمثّل الخطوة الأولى في التبادل المفتوح للبيانات بين هذه الجهات، الأمر الذي بدأ يحدث بالفعل في أوروبا. وبعد ذلك سيلزم على الشبكات إنشاء محطات مشتركة في أنحاء قارات أخرى، لا سيما في المناطق المفتقرة إلى التغطية المذكورة فيما سبق. وتُثْبِت محطة «سِمِير 2» أن ذلك أمر قابل للتنفيذ، ولا يلزم أن يكون مُكلِّفًا.

عندما ننتهي من إنشاء المرصد العالميّ، ستتوفر لدينا الأدوات لفَهْم الكيفية التي يعمل بها النظام الأرضيّ. ■

ماركو كولمالا أستاذ فيزياء ومدير معهد بحوث الغلاف الجويّ والنظام الأرضيّ بجامعة هلسنكي في فنلندا، ورئيس مختبر الهباء الجويّ والضباب في جامعة بكين للتكنولوجيا الكيميائية في الصين.
البريد الإلكتروني: markku.kulmala@helsinki.fi

1. Arneth, A. *et al. Nature Geosci.* **3,** 525–532 (2010).
2. Shindell, D. *et al. Science* **335,** 183–189 (2012).
3. Kulmala, M. *et al. Atmos. Chem. Phys.* **15,** 13085–13096 (2015).
4. Kulmala, M. *Nature* **526,** 497–499 (2015).
5. von Schneidemesser, E. *et al. Chem. Rev.* **115,** 3856–3897 (2015).
6. Kulmala, M. *et al. Boreal. Environ. Res.* **19** (suppl. B), 122–131 (2014).
7. Hari, P. *et al. Atmos. Chem. Phys.* **16,** 1017–1028 (2016).
8. Figueres, C. *et al. Nature* **546,** 593–595 (2017).
9. Rockström, J. & Falkenmark, M. *Nature* **519,** 283–285 (2015).
10. Davidson, E. A. *et al. Nature* **481,** 321–328 (2012).



كريس باين يلعب دور عالِم الفيزياء الفلكية أليكس موري، والد البطلة، في فيلم «السفر في الزمن» *A Wrinkle in Time*.

عــروض مثيــرة في عــام 2018

وكالة «ناسا» تبلغ عامها الستين، وديناصورات القطب الجنوبي تظهر، ومخلفات الفاكهة تُحْدِث تحولات في عالم الموضة، ورواية الخيال العلمي الكلاسيكية «السفر في الزمن» *A Wrinkle in Time* لمادلين لانجل تُعرَض على شاشات السينما. وسوف تَستكشِف المتاحف والمعارض حول العالم كل شيء، بدءًا من علاقتنا بالزمن، وانتهاءً بجمال الدماغ، وعلوم العصر الفاطمي، وعجائب الجرافين. تقرير **نيكولا جونز**

عقول مجنونة

منازل فيكتور هوجو، باريس
حتى 18 مارس

شهد الطب النفسي في القرن التاسع عشر تطورات كبيرة.. فبينما كان المرضى في المصحات - مثل مستشفى بيثْلِم في لندن (الملقَّبة ببيدْلام) - يعانون من إهانات وسوء معاملة، شَجَّعت حركة جديدة على تبنِّي أساليب علاج أخلاقية.. فبدلًا من التكبيل بالسلاسل والعزل، شجّعت هذه الحركة على حرية التنقل، والتعبير عن الذات. بدأ الممارسون من أمثال الطبيب الاسكتلندي ويليام براون في إيلاء اهتمام أكبر للأعمال الفنية والكتابات الخاصة بالمرضى النفسيين. وأصبح الأطباء النفسيون هم أول مَن جمع وانتقد هذه الأعمال، التي رأى البعض أنها تمثل حراكًا فنيًّا في أنقى صوره. يضم هذا العرض أعمالًا، جمعها براون، رائد الأفكار في مجال العلاج بالفن في مستشفى كريشتون الملكي في دومفريز بالمملكة المتحدة، بالإضافة إلى مجموعات مماثلة من ألمانيا، وسويسرا.

سطوح مطلية

متحف إيزيكو الوطني بجنوب أفريقيا، كيب تاون
حتى 1 إبريل 2018

ستكون الفرصة سانحة من خلال هذا المعرض أمام الراغبين في إلقاء نظرة مقربة على لوحات بعض كبار فناني جنوب أفريقيا، من أمثال ستانلي بينكر، وإيرما ستيرن، وفريدريك لونس، وجورج بيمبا. وقد كان هذا المعرض ثمرة لتعاون استمر ثلاث سنوات بين عدد من المؤسسات، منها جامعة كيب تاون، وجامعة كيب الغربية، إذ يستكشف أساليب الفنانين، وتاريخ أعمالهم عبر التصوير بالأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية، والتصوير بالأشعة السينية، والتحليل المجهري. وعلى سبيل المثال، تكشِف الصور بالأشعة تحت الحمراء أن دعامة لوحة لونس *Krantzdrift: Landscape with Cattle* - المصنوعة من الصفيح - كانت في الأصل لافتة متجر مطلية بالمينا، تروِّج لبسكويت «بيك فرين» Peek Frean؛ ما ساعد على عزو تاريخ هذا العمل الفني إلى أواخر القرن التاسع عشر.

مواد عجيبة.. الجرافين وما بعده

متحف هونج كونج للعلوم
حتى 18 إبريل

عُرف الجرافين - وهو صفائح من الكربون، يبلغ سُمْكها واحدًا في المليون من سُمْك شعرة الإنسان، وتُعَدّ

ATUSHI NISHIJIMA/DINSEY ENTERPRISES INC 2017

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أقوى 200 مرة من الصلب - في أربعينات القرن الماضي، غير أنه لم يتم عزله إلا في عام 2004. في ذلك العام، تَمَكَّن الفيزيائيان أندريه جايم، وكونستانتين نوفوسيلوف بجامعة مانشستر في المملكة المتحدة من فصل رقاقة من الجرافين بسُمْك ذَرّة واحدة من قطعة جرافيت باستخدام شريط لاصق (بعد ست سنوات حصلا على جائزة «نوبل» في الفيزياء). وحاليًّا، تظهر لهذه المادة المفيدة للغاية بصمةٌ فارقة في مجال الصناعة، مع وجود تطبيقات لها في كل شيء، بدءًا من البطاريات المتخصصة، حتى مضارب رياضة التنس. وإلى جانب اكتشاف المادة واستخداماتها التجارية، يركِّز هذا المعرض أيضًا على المستقبل المحتمَل لها.

PICTORAL PRESS LTD/ALAMY

كَشْف الغطاء عن الزمن
كينجز بليس، لندن
6 يناير إلى 31 ديسمبر

ستستعرض سلسلة الفعاليات الممتدة طوال عام كامل، وتضم أكثر من 50 حفلة موسيقية وندوة، علاقة الإنسانية بالزمن. تبدأ الفعاليات بكلمة حول ضبط الوقت، يلقيها ديفيد روني، مسؤول الحفاظ على التكنولوجيا والهندسة في متحف العلوم في لندن، يتخلَّلها بعد ذلك مزيج انتقائي من المحاضرات ومقطوعات باخ، وعزف الجاز، وحفلات الفنون الشعبية. كما يلقى العالِم المتخصص في علوم الكون، مالكولم لونجير، والناقد الموسيقي توم سيرفيس نظرة على الثورات الموسيقية في أوائل القرن العشرين، بالتوازي مع اكتشاف ألبرت أينشتاين لنسبية الزمن. هذا.. وتتضمن الفقرات أيضًا عالمة الفيزياء التجريبية هيلين جليسون، التي أنتجت أول جهاز بلور سائل قائم على الجرافين، وعملًا دراميًّا مستمَدًّا من رواية «وكالة ديرك جينتلي للتحقيقات الشمولية» *Dirk Gently's Holistic Detective Agency* (ويليام هاينمان، 1987) لدوجلاس آدامز، من بطولة الفنان جيفري ماكجيفرن، ومقطوعة «ساعة الإنسان»، التي يعزفها ضابط الإيقاع وعازف آلة الـ«هانج» مانو ديلاجو وآخرون، وعرضًا تجريديًّا من أداء عازف البيانو ألاسدير بيتسون، يمزج فيه بين موسيقى بيتهوفن، وأصوات الحشرات الليلية.

LABORATORIOROSSO, VITERBO/ITALY

الدماغ الجميل: لوحات سانتياجو رامون إي كاخال
معرض جراي آرت، مدينة نيويورك
9 يناير إلى 31 مارس

كان العالِم الإسباني المتخصص في الأمراض، والحائز على جائزة «نوبل»، سانتياجو رامون إي كاخال، من مؤسسي علم الأعصاب الحديث، وفنانًا بارعًا أيضًا. أسهمت تشريحاته ورسومه للدماغ البشري في أواخر القرن التاسع عشر في تقديم أدلة قاطعة على أن الجهاز العصبي يتكون من خلايا منفصلة، من بينها الخلايا العصبية. كما اكتشف رامون إي كاخال نوعًا جديدًا من الخلايا، سُمي باسمه فيما بعد، ضمن الخلايا العصبية في الأمعاء. سيضم هذا المعرض المتجول - الذي افتُتح في متحف وايزمان للفنون في مينيابوليس بولاية مينيسوتا - حوالي 80 من رسومه، وسوف ينتقل المعرض إلى متحف معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج بولاية ماساتشوستس في شهر مايو.

V&A MUSEUM, LONDON

عالَم الفاطميين
متحف آغا خان، تورنتو، كندا
10 مارس إلى 2 يوليو

سوف يبرز هذا المعرض الأخاذ التراث التربوي والعلمي والفني للفاطميين. والفاطميون هم الأسرة العربية التي حكمت مساحات واسعة من شمال أفريقيا في القرن العاشر والقرن الحادي عشر بعد الميلاد. أسَّس الفاطميون في مدينة القاهرة واحدة من أقدم المؤسسات التعليمية في العالم، هي جامعة الأزهر في عام 970، فضلًا عن واحدة من أعظم مكتبات ذلك العصر. وقد شهدت فترة حكمهم تطورات في العلوم. ويُذكر - على سبيل المثال - أنّ ابن الهيثم - رائد علم البصريات - كان يعيش في القاهرة في عهد الخلافة. يضم المعرض مقتنيات من الرخام من متحف الفن الإسلامي في القاهرة، وكذلك قِطَعًا معدنية نادرة، وآنية خزفية من السيراميك، ابتُكرت في العصر الفاطمي. كما تُلْقِي الفيديوهاتُ المصوَّرة بطائرات دون طيار، وأفلام الواقع الافتراضي نظرة على الشكل الذي ربما كانت عليه العاصمة المصرية قبل ألف سنة.

المَلِك توت.. كنوز الفرعون الذهبي
مركز كاليفورنيا للعلوم، لوس أنجيليس
24 مارس 2018 إلى يناير 2019

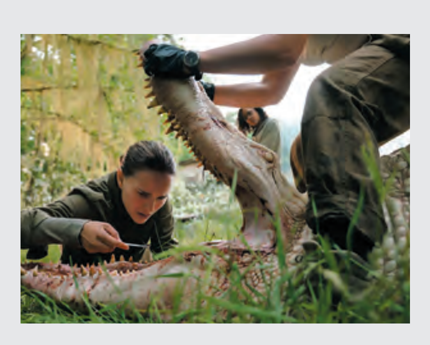
في عام 1922، عُثر على جثمان توت عنخ آمون - ذلك الفرعون الطفل، الذي حَكَم مصر قبل أكثر من ثلاثة آلاف سنة - في المقبرة الملكية الأكثر اكتمالًا، التي عُثر عليها في المنطقة. وعلى مشارف الذكرى المئوية لذلك الاكتشاف، بدأت الآن مقتنيات توت السفر إلى الخارج. تعمل وزارة الآثار المصرية مع شركائها على عرض أكثر من 150 قطعة أثرية من المقبرة في أكبر تشكيلة من القِطَع الأصلية تُعرض خارج مصر. (لم تَعْرِض الجولات السابقة سوى قرابة 50 قطعة، بما في ذلك معرض كنوز توت عنخ آمون، الذي أُقيم في سبعينات القرن الماضي، واستقطب أكثر من 8 ملايين زائر في مواقع العرض في الولايات المتحدة فقط.) يشمل عرض هذا العام تمثالًا خشبيًّا بالحجم الطبيعي لتوت عنخ آمون، وسريرًا شعائريًّا مُذَهَّبًا، وتمثالًا للإله «دواموتف»، (في الصورة)، وصندوقًا مرصعًا بالجواهر، ضَمَّ كبد الفرعون. ويبقى قناع الموت الشهير الخاص به وجسمه المحنط في مصر. وسوف ينتقل المعرض إلى أوروبا بعد عرضه الأول في لوس أنجيليس.

موضة من الطبيعة
متحف فيكتوريا وألبرت، لندن
21 إبريل 2018 إلى 27 يناير 2019

سوف يكتسب مصطلح «ضحايا الموضة» معنى جديدًا تمامًا في هذا المعرض. فعلى مدار قرون، سقطت الطبيعة فريسة لجنون الموضة؛ ففي العصر الفيكتوري - على سبيل المثال - كانت أجزاء من أجساد الطيور ◄

في قاعات السينما القريبة منك..

بجانب العروض المعتادة لسلاسل أفلام الأبطال الخارقين، وهجمات «ستار وورز» Star Wars، يهل علينا عام 2018 بمجموعة أفلام ذات صبغة علمية، يترقبها كثيرون بصبر فارغ، بداية من أفلام الخيال، حتى الأفلام التي تقترب من الواقعية.



«إبادة» Annihilation يهلّ علينا أليكس جارلاند - وهو مؤلف ومخرج فيلم «إكس ماشينا» *Ex Machina* الذي عُرض عام 2015 - بقصة تتناول عالمة في الأحياء (ناتالي بورتمان، في الصورة)، وعالِمًا في الأنثروبولوجيا، وأخصائيًّا نفسيًّا، ومستكشفًا، في رحلة استكشافية إلى المنطقة «إكس» X. إنّ ما يكتشفونه في هذه المنطقة العجيبة - المتأثرة بالكائنات الغريبة، والمليئة بالكوارث البيئية - أشياء غير متوقعة. موعد بدء العرض في الولايات المتحدة: 23 فبراير.

«السفر في الزمن» Wrinkle in Time في هذا الفيلم، المقتبس من رواية الخيال العلمي الكلاسيكية لمادلين لانجل، الصادرة في عام 1963، الذي أخرجته أفا دوفيرناي، تظهر كوكبة من النجوم، من بينهم أوبرا وينفري، وريس ويذرسبون، وكريس باين. بعد أن عَلِمَت البطلة الشابة ميج موري أن والدها عالِم الفيزياء الفلكية قد وقع أسيرًا في كوكب بعيد، تبدأ العمل لإنقاذه، بالتعاون مع أسرتها ومجموعة من الأصدقاء غير العاديين. موعد بدء العرض في الولايات المتحدة: 9 مارس.

«اللاعب الأول يستعد» Ready Player One ستيفن سبيلبرج هو مخرج هذا الفيلم المقتبَس من رواية إيرنست كلاين، الصادرة في عام 2011. تدور أحداث الفيلم في أربعينات القرن الواحد والعشرين البائسة، حيث يهرب الناس من الأحياء الفقيرة المكتظة بالسكان إلى العيش والدراسة والعمل في عالَم افتراضي، سُمّي «أويسيس» OASIS. وبموت مُنشئ هذا العالَم الافتراضي، يترك خلفه لغز البحث عن كنز يحوي ثروته. وتسعى مجموعة من المراهقين إلى التفوق على الشركات الكبرى؛ للفوز بالكنز. موعد بدء العرض في الولايات المتحدة: 30 مارس.

«الرجل الأول» First Man تتناول «هوليوود» في هذا الفيلم المهمة التي قامت بها وكالة «ناسا» لإنزال رجل على سطح القمر، ويلعب فيه رايان جوسلينج دور نيل آرمسترونج. تم شراء حقوق استخدام الرواية في عام 2003، لكن تصوير الفيلم - الذي يخرجه داميان شازيل، الذي عمل مع جوسلينج في عام 2016 على فيلم «لالا لاند» *La La Land* – لم يبدأ إلا بعد وفاة آرمسترونج في عام 2012. موعد بدء العرض في الولايات المتحدة: 12 أكتوبر.



رائد علم الأعصاب، الفنان سانتياجو رامون إي كاخال، هو محور اهتمام أحد المعارض المتجولة.

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL, SELF PORTRAIT, C1885

تُستخدم في صناعة المجوهرات والقبعات. وسوف يعرض المتحف زوجين من الأقراط، مصنوعين من رؤوس طيور العسل المحنطة (في الصورة)، يعودان إلى عام 1875. وسوف يلقي المعرض نظرة على استخدام المواد الطبيعية على امتداد 400 سنة، بدءًا من الحرير والصوف والقطن، حتى عظمة فك الحوت، وقوقعة السلحفاة. وسوف يُعرض أيضًا المزيد من المواد الحديثة الصديقة للبيئة، مثل: ملابس مصنوعة من زجاجات بلاستيكية معاد تدويرها، أو من الألياف الباقية من ثمرات البرتقال المعصورة، وفستان تم "إنماؤه" من قِبَل الفنانة ديانا شيرر من جذور النباتات، وبديل للجلد، مصنوع من نفايات العنب المتبقية من صناعة النبيذ. وإذا لم يذهلك كل ما سبق، فهناك أيضًا ثوب من مادة الحرير المهندسة وراثيًّا ذات الضوء الحيوي.

أسنان

ويلْكَم كولّيكشن، لندن
17 مايو إلى 19 سبتمبر

كيف تطوَّر طب الأسنان من مجرد نشاط ترفيهي في أوائل القرن الثامن عشر إلى مهنة تَستلزِم مهارات فائقة في الوقت الحالي؟ يتتبع هذا المعرض التاريخ الطبي والعلمي لصحة الفم والأسنان، إلى جانب علاقتهما المتطورة بالجمال وبالثروة. وسوف يستغل المعرض صور متحف «ويلْكَم كولّيكشن» ومقتنياته من القطع والأعمال الفنية، التي تتضمن وثائق حول كيفية تنظيف وليم شكسبير أسنانه، والتسمم بمادة الزئبق من أساليب الحشو القديمة، و"وسائل علاج وتنظيف الأنفاس الكريهة" في القرن التاسع عشر. كما قد يتم عرض صورة مروعة، التقطها مجهر إلكتروني ماسح لسنّ مسوَّس.

حفلات الأوركسترا السيمفونية الوطنية: الفضاء.. المرحلة التالية

مركز جون إف. كينيدي للفنون المسرحية، واشنطن العاصمة
الأول والثاني من يونيو

في 29 يوليو عام 1958، وقَّع الرئيس الأمريكي دوايت آيزنهاور على القانون الذي أدَّى إلى إنشاء وكالة «ناسا». واحتفالًا بالذكرى الستين لإنشاء الوكالة، سوف تعزف الأوركسترا السيمفونية الوطنية الأمريكية الموسيقى على خلفية صور من تليسكوب «هابل» الفضائي، ومحطة الفضاء الدولية، وهبوط مركبة «كيوريوسيتي» Curiosity على سطح المريخ، وأفلام الخيال العلمي الشهيرة، والبرامج التليفزيونية.. فتعال واستمع إلى الأغاني الموسيقية المستوحاة من الفضاء، بما فيها الأغاني المفضلة من «ستار وورز» Star Wars، و«ستار تريك» Star Trek، وأنشودة جديدة للملحن مايكل جياتشينو (الفائز بجائزة «أكاديمي أوورد» في عام 2010 عن عمله في فيلم الرسوم المتحركة «أب» *Up*).

ديناصورات القطب الجنوبي

المتحف الميداني، شيكاغو، إلينوي
15 يونيو 2018 إلى 6 يناير 2019

قبل حوالي 200 مليون سنة، كانت الديناصورات تجوب القارة القطبية الجنوبية التي كانت مغطاة بالغابات والنباتات، وكانت حينئذ تمثل جزءًا من قارة عظمى كانت تضم ما أصبح اسمها الآن أفريقيا، وأمريكا الجنوبية. وبالتعاون مع متحف التاريخ الطبيعي في ولاية يوتا في سولت ليك سيتي وغيره من المؤسسات، يسلط هذا المعرض المتجوّل الضوء على بيئة القارة في الحقبة الوسطى، فضلًا عن التحديات اللوجستية التي تقف أمام الممارسات العلمية في مناخ قاس. سوف تُعرض عشرات الحفريات والعينات، مرورًا بالنباتات الحديثة، ووصولًا إلى الحيوانات المنقرضة التي عاشت على الأراضي الشاسعة قبل الديناصورات. كما يضم المعرض بقايا ونسخًا مقلدة من أول وأكبر الديناصورات المكتشَفة في القطب الجنوبي؛ وتشمل النوع *Cryolophosaurus*، الذي يبلغ طوله 7 أمتار، والنوع *Glacialisaurus*، واثنين من صغار ديناصور Prosauropod. وبعد افتتاح المعرض في المتحف الميداني، سوف ينتقل إلى كاليفورنيا، ويوتا، وغيرهما.

الكوارث وقوة الفن

متحف موري للفنون، طوكيو
6 أكتوبر 2018 إلى 20 يناير 2019

يركِّز هذا المعرض على القدرة البشرية على التعافي بعد الكوارث، سواء بعد الأزمة المالية العالمية التي كانت في عام 2008، أو بعد الزلزال وإعصار تسونامي اللذين ضربا اليابان في عام 2011. تضم المجموعة ردود الأفعال الشخصية على الكوارث، ودراسات للمشكلات الاجتماعية المصاحِبة الأوسع نطاقًا، مثل حلم النمو الاقتصادي غير المقيَّد، وغطرسة الرغبة الإنسانية في السيطرة على الطبيعة. وستكون من بين المعروضات أعمال للمصور الياباني ناويا هاتاكياما ونشطاء القرصنة المقيمين في نيويورك إيفا، وفرانكو ماتيس.

كتاب «طيور أمريكا» لأودوبون

متحف ومكتبة الجمعية التاريخية في نيويورك
مستمر

في عام 1820، أعلن عالِم التاريخ الطبيعي الأمريكي جون جيمس أودوبون عن عزمه رسم جميع طيور أمريكا الشمالية. فبترتيب الأنواع على هيئة حيوية باستخدام الأسلاك والخيوط، قام برسمها بألوان مائية، وبأحجامها الطبيعية. يضم كتابه الفريد «طيور أمريكا» *The Birds of America* (1838-1827) 435 رسمًا توضيحيًا (في الصورة.. الديك الرومي البري *Meleagris gallopavo*)، ويطرح 25 نوعًا جديدًا. لقد أثَّر الكتاب بشدة على علماء التاريخ الطبيعي، من أمثال تشارلز داروين، الذي نوه إلى عمل أودوبون في كتابه «عن أصل الأنواع» *On the Origin of Species*، الذي صدر في عام 1859. يضم هذا المعرض جميع اللوحات الأصلية - المتوافرة أيضًا على شبكة الإنترنت (انظر: go.nature.com/2c7i3i1) - إلى جانب لوحات استُخدمت في الكتاب. ■

JOHN JAMES AUDUBON



JOE RAEDLE/GETTY

مكتبة تضم عيِّنات من الحمض النووي

علم الوراثة

جَلّادو «كريسبر» المتأهبون

يُثنِي **ناثانيال كومفرت** على دراسة أَجْرتها عالمة اجتماع عن مسألة الانحياز، التي ينطوي عليها الجدل حول تأثير الطبيعة مقابل التنشئة.

في البدء كانت الطبيعة، ثم جاء عالِم الإحصاء فرانسيس جالتون، ابن عم تشارلز داروين غير الشقيق، ووضع الطبيعة (الوراثة) في مواجهة التنشئة، أو البيئة. تَعامَل جالتون مع الوراثة بوصفها إرثًا عائليًّا مُخَبَّأً في الأمشاج، ومحميًّا من البيئة الضارية، ومتوارَثًا عبر الأجيال. وبتطبيق هذه الفكرة على ما لاحظه جالتون من انحطاط الرجولة الإنجليزية، صاغ مصطلحًا مؤثِّرًا، لكنه مألوف، ألا وهو "تحسين النسل".

ومن ثمَّ، ارتبطت ثنائية الطبيعة والتنشئة بتوريث الصفات وتحسين النسل منذ البداية. ويعاود الجدل المرتبط بهذه المفاهيم الظهور بين الحين والآخر، مثلما حدث -على سبيل المثال - مع ظهور مبحث تحسين النسل في أوائل القرن العشرين، وعلم الأحياء الاجتماعي في سبعينيات القرن العشرين، وكذلك مع نشر الكتاب المثير للجدل، الذي ألّفه تشارلز موراي، وريتشارد هيرنستاين عن الذكاء في عام 1994، بعنوان «منحنى الجرس» *The Bell Curve*، (فري بريس). يمكن القول إذن إن التاريخ لا يعيد نفسه، وإنما يتخذ مسارًا حلزونيًّا.

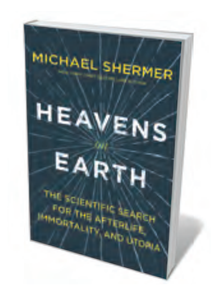
تمثّلت آخِر منعطفات هذا الحلزون في «علم الجينوم الاجتماعيّ»، وهو علم يَستخدِم دراسات الارتباط على نطاق الجينوم، والتسلسل فائق السرعة، وأدوات التحرير الجيني، مثل تقنية كريسبر-كاس 9، ودرجات المخاطر المحسوبة بطرق غاية في التعقيد، ويقرن عادةً بينها وبين مناهج العلوم الاجتماعية؛ من أجل "فَهْم جذور" السلوك المُركَّب. وتقدِّم عالمة الاجتماع كاثرين بليس في كتابها «اجتماعيّ بطبيعته» *Social by Nature* تحليلًا تفصيليًّا لهذا المجال.

«اجتماعيّ بطبيعته: وَعْد ووَعِيد عِلْم الجينوم الاجتماعيّ»
كاثرين بليس
مطبعة جامعة ستانفورد: 2018

تبحث بليس النواحي العلمية، والبِنى الاجتماعية المهنية، والسياق الاجتماعيّ لهذه التطورات الجديدة. وتنشُد المؤلفة تقديم تفسيرات اجتماعية للأسباب التي تجعل ثنائية الطبيعة والتنشئة تصمد في مواجهة بيانات تسلسل الحمض النوويّ، التي بشرت - في وقت ما - بمحو تلك الثنائية. يتمتع عِلْم الجينوم الاجتماعيّ بإمكانات واعدة في مجال الطب الحيويّ، حسبما تعتقد بليس، لكنّ الطريق نحو تحقيق تلك الإمكانات يتخذ مسار ضيق، محفوف بالمخاطر المتعلقة بتحسين النسل. إنّ الكتاب رائع، ولعله صعب في بعض الأحيان، لكنه في المجمل حافل بالأفكار الثاقبة، والحكايات، ودراسات الحالة التوضيحية. إنه كتاب ينبغي عليك قراءته، إذا كنتَ مهتمًّا بمعرفة القوة الدافعة للبحوث الأكاديمية، أو العنصرية العلمية، أو التوجّه المستقبليّ للجينات.

يتبع علم الجينوم الاجتماعيّ كثيرًا من الأنماط ◄

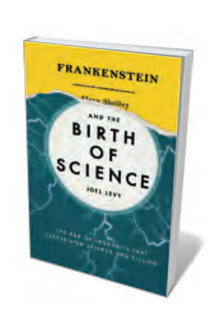
ملخصات كتب



جنان على الأرض

مايكل شيرمر، هنري هولت (2018)

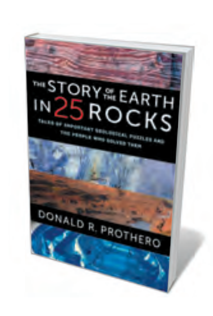
تؤمِن نسبة مذهلة تبلغ 75% من المواطنين الأمريكيين – ومن هذه النسبة بعض الملحدين المعلنين – بالحياة الآخرة. لذا يُذَكِّرنا مايكل شيرمر - ناشر مجلة «سكيبتك» *Skeptic* في هذه الدراسة المثيرة - بأن فكرة الخلود قوية جدًّا، حتى إنها متجذرة في الثقافة البشرية. وبعد سبر أغوار مكانة هذه الفكرة في المعتقدات الدينية، يبحث شيرمر في تجلياتها العلمية، بدءًا من بحوث ما بعد الإنسانية وطول الأعمار، حتى التحنيط التبريدي. كما ينظر أيضًا إلى مفهوم المدينة الفاضلة (اليوتوبيا)، باعتبارها رغبة في خلق جنة على الأرض. ويخلص إلى أن العقلانية المتوازنة – إلى جانب القبول الصادق والإيجابي لفكرة الفناء – تشكل «روح» الحياة الحقيقية.



فرانكنشتاين.. وميلاد العلوم

جويل ليفي، أندريه دويتش (2018)

تطل علينا هذا العام الذكرى المئوية الثانية لرواية ماري شيلي الفذة «فرانكنشتاين» *Frankenstein*. ويأتي هذا التحليل الاستطرادي المثير الذي يقدمه الكاتب المتخصص في العلوم، جويل ليفي، كأحد أول مظاهر تكريم الرواية هذا العام. يقدم ليفي الرواية كصورة تمثل "العلوم الصحافية" الجامحة في الخيال، وقصص الخيال العلمي أيضًا. وهو يؤطر لرواية شيلي، من خلال بحوث معاصرة في مجالات معينة، مثل الإنعاش الجلفاني، والمواد نفسانية التأثير، والاكتشاف القطبي (حيث يسافر فيكتور فرانكنشتاين ووحشه إلى القطب الشمالي). إنه بمثابة احتفاء بـ"حشد ثري لمصادر متنوعة على نحو غير مسبوق" في رواية كلاسيكية خالدة.



قصة الأرض في 25 صخرة

دونالد آر. بروثيرو، مطبعة جامعة كولومبيا (2018)

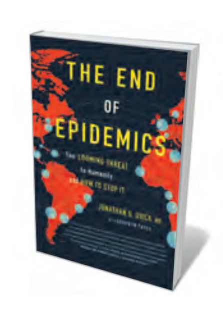
وَضَعَ عالِم الجيولوجيا، دونالد بروثيرو، فرضية قوية جدًّا، بَنَى عليها هذا الكتاب الجذاب، الذي يُعَدّ بمثابة جولة في 25 اكتشافًا جيولوجيًّا غَيَّرَت فَهْمنا لكوكب الأرض، وللكون. يبدأ بروثيرو بداية مدوية بشهادة بليني الأصغر، كشاهد عيان حول اندلاع بركان فيزوف في جنوب إيطاليا في عام 79 ميلاديًّا؛ وهو أول توصيف علمي دقيق لحدث كهذا. بعد ذلك، يكشف بروثيرو كيف بدأ بحث الزمن السحيق، وأصول نشأة القمر، وغير ذلك من "القصص المنطوية في الحجارة» على أيدي نجوم بارزين، بدءًا من عالِم الجيولوجيا في عصر التنوير، جيمس هاتون، حتى ماري ثارب، التي رسمت خريطة لقاع المحيط الأطلسي في خمسينات القرن الماضي.



حَوَاسُّنا

روب ديسال، مطبعة جامعة ييل (2018)

إنّ حَوَاسّنا التي نتمتع بها (النظر، والسمع، واللمس، والشم، والتذوق) هي بوابتنا إلى العالم. ونلحظ في هذه الدراسة الموسوعية المثيرة، التي كتبها روب ديسال - وهو أمين متحف، يعمل في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي في مدينة نيويورك - أنها تمتد إلى ما هو أبعد من هذه "الحواس الخمس الكبرى"، وتصل إلى فضاءات أخرى، مثل التوازن، والألم، والحرارة، والبرودة. يَدرس ديسال الحواس في مجموعة من الحيوانات، منها مشط البحر الهلامي، وسمك الأنقليس، والخفافيش، لكنه يسبر بشكل أعمق أغوارًا تشكِّل الإدراك في الدماغ البشري، ونشأة بعض الظواهر، مثل ظاهرة الحس المُرافِق، وكيفية إحساس مرضى التلف الدماغي بالعالَم من حولهم، وكيف تقوم الترسانة الحسية الخاصة بنا بتغذية الإبداع.



نهاية الأوبئة

جوناثان دي. كويك وبرونوين فراير، مطبعة سانت مارتن (2018)

تضفي خبرة الطبيب جوناثان كويك الطويلة في الصفوف الأمامية في مجال الصحة العامة حول العالم سمة إلحاح شديد على دعوته لمكافحة الأوبئة. يبحث كويك مع الكاتب برونوين فراير كيف يعوق الخوف والرضا بالأوضاع القائمة الاستجابةَ لحالات الطوارئ، مثل وباء «الإيبولا»، الذي اجتاح غرب أفريقيا في عام 2014. بعد ذلك، يقترح كويك حلًّا من سبعة أجزاء، يتمحور حول اتخاذ إجراءات معينة، مثل إقامة نظم صحية مرنة ومقاومة، وحشد الأنشطة الميدانية. ونظرًا إلى ما يتسم به هذا الكتاب من واقعية، وعمق، وثراء بحثي؛ فلا غِنى عن وجوده في مكتبات واضعي السياسات.

التي اقترنت بفترات سابقة شهدت تزايدًا لأفكار الحتمية الوراثية، مثل علم الأحياء الاجتماعيّ، أو علم النفس السلوكيّ، أو الجدل الذي أثاره كتاب «منحنى الجرس»، لكنّ بليس ترى أن الأمر مختلف هذه المرة، وتشير إلى أن المناهج الوراثية لم تطرح من قبل مطلقًا ذلك الكَمّ الكبير من الوعود، في الوقت الذي لا تقدِّم فيه سوى القليل جدًّا، لكنني بصفتي مؤرخًا، أرى مزيدًا من الاتساق في الوعود التي يبشِّر بها عِلم الوراثة البشرية بمرور الوقت؛ لكن النتائج التي توصّلت إليها بليس مذهلة.

تذكر بليس - على سبيل المثال - عددًا خاصًّا من دورية «بيوديموجرافي آند سوشيال بيولوجي» *Biodemoghraphy and social biology*، صدر في عام 2014 (انظر: go.nature.com/2qnovjh) حول درجات المخاطر (وهي تقديرات لمدى إسهام تغيُّر حرف واحد في رمز الحمض النووي، أو تعدُّد أشكال النيوكليوتيدات المفردة، في الإصابة بمرض معين). في ذلك العدد من الدورية، اعتُبِرت درجات المخاطر التي تتراوح بين0%، و3% علامات مشجِّعة للبحوث المستقبلية. ووجدت بليس أنه عندما أخفقت درجاتُ المخاطر في تلبية معاييرَ الدلالة الإحصائية، رفع بعض الباحثين مستوى الأهمية الوراثية بعناد شديد، بدلًا من دراسة المؤثرات البيئية. وقد فعلوا ذلك باستخدام حِيَل إحصائية، مثل تقنيات التجميع والتحليلات التِّلْوِية. ومع ذلك، فإن درجات مخاطر المورِّثات المتعددة، التي تمّ التوصل إليها بهذه الطريقة، لا تزال تمثل 0.2% فقط من إجمالي التباين في سمة معينة. وتذكر بليس في كتابها ما يلي: "بعبارة أخرى، تُعَد درجة مخاطر المورثات المتعددة، التي تبلغ نحو صفر في المائة، مُبرِّرًا لإجراء مزيد من التحليل للحتمية الوراثية للسمات". فإذا لم يكن في حوزتك سوى آلة تسلسل، فإن كل شيء سيبدو مثل أحد تعددات أشكال النيوكليوتيدات المفردة.

إنّ ما أُطلَق عليه المؤرخ آندرو هوجان "التحديقة الجينومية" ليس خطأً ارتكبه باحثون أشرار، وإنما هو خطأ هيكليّ. وتحرص بليس على الاعتراف بالنوايا الطيبة، بل والنبيلة، لكثيرٍ من العلماء الذين تحدثَت إليهم (تحافِظ بليس، بصفتها عالمة اجتماع، على سرية أسماء "مصادر معلوماتها")، لكنها تجد أن آليات التمويل والدعاية، التي تُعَدّ جزءًا لا يتجزأ من علم الأحياء، تدفع هذا العِلْم نحو تفسيرات تركِّز على الجينات أولًا. وينطوي ذلك على مخاطر عالية؛ فالتوصّل إلى ارتباط أحد تعددات أشكال النيوكليوتيدات المفردة بزيادة خطر الإصابة من 0.01% إلى 0.03% (أي ثلاثة أضعاف) فيما يتعلق بمرض، مثل سرطان الثدي، يمكن أن يمثّل للباحث مسيرة مهنية. وتذكر بليس في كتابها: "بالرغم من أن الباحثين لا ينوون صرف تركيزهم بعيدًا عن البيئة، فإنهم مجبَرون على إعادة صياغة الظواهر الاجتماعية، بوصفها «أنماطًا ظاهرية تطوّرية»، كي يمكنهم تقديم مزاعم علمية" تبدو ذات أهمية للممولين في مجال الطب الحيويّ.

يترتب على هذا المَيْل آثارًا اجتماعية، حيث يكثر الاستناد حاليًّا في الحُجج إلى عبارة "هذه هي طبيعة الأمور"، ما يعزز القوالب النمطية سيئة التأثير. وعلى سبيل المثال، تستشهد بليس بعمل بحثيّ خضع لمراجعة الأقران، يتكهن بأن العنف قد يمنح الرجال مزيدًا من العلاقات الجنسية. ويمكن للوقاية أن تتطور تدريجيًّا، حتى تصل إلى الرقابة الوراثية؛ فبعد حادثة إطلاق النار الجماعية في عام 2012 في مدرسة ساندي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ROBERT FRANKLIN/*SOUTH BEND TRIBUNE* VIA AP

طلاب من جامعة نوتردام في إنديانا يتظاهرون خارج فعالية يحضرها مؤلِّف كتاب مثير للجدل بشأن الذكاء.

هوك الابتدائية في نيوتاون بولاية كونيتيكت، طلبت الولاية من أحد علماء الوراثة فحص جينوم الجاني، آدم لانزا؛ للبحث عن واسمات وراثية، ربما تكون قد جَبَلَتْه على العنف.

تتعامل بليس ببراعة مع مسائل حساسة عديدة، مثل العِرْق، والنوع الاجتماعيّ، والميول الجنسية؛ إذ تفحص التفاعل بين المقالات التي خضعت لمراجعة الأقران، والتغطية الإعلامية لتلك المقالات. وهي تذكر - على سبيل المثال - أن معظم الأوراق البحثية التي تناولت علم الجينوم الاجتماعيّ "يشير بشكل روتينيّ إلى الفروق العرقية، دون تعريف معناها". وتُبدي بليس ملاحظتها بأن أعراف الثقافة الجماهيرية المتعلقة بالجنسين تؤثر - في المقابل - على هذه المقالات الخاضعة لمراجعة الأقران؛ ما يثبت أن الثقافة تشكِّل العِلْم، مثلما يشكّل العِلْمُ الثقافةَ.

يفكر كذلك بعض الأشخاص، الذين مثّلوا مصادر معلومات بليس، في إنشاء طبقات اجتماعية، بناءً على الحمض النوويّ. فينقل أحد هؤلاء الأشخاص عن زميل له قوله: "سيكون من الرائع أن نتمكن مِن جَعْل عُمّال النظافة عُمّالَ نظافة فحسب". تنطوي هذه العبارة على ظلال من المعنى الذي ينقله ألدوس هكسلي في روايته "عالَم جديد شجاع" على لسان إحدى الشخصيات: "إنني سعيد جدًّا، لأنني بيتا".

ومن ثم، فإن الحتمية الوراثية لا تنتشر فحسب في علم الجينوم، كطبقة الزينة المسمومة التي تكسو سطح الكعكة، وإنما تتخلل قلب هذه الكعكة بتأثيرها على كيفية تمويل الأبحاث، وإجرائها، ونشرها. وعلى عكس المتفائلين، الذين يزعمون أن الفردية، والسوق الحرة تمنحانا حصانةً من شرور تحسين النسل، ترى بليس أن كلتيهما مشحونتان بمخاطر تحسين النسل؛ فَسُوق الطب يساعد في تجسيد فكرة أن جينوم المرء هو هويته الحقيقية، ويمنح سُلْطة علمية للجهود المبذولة؛ للعثور على إجابات "موضوعية" عن أسئلة اجتماعية يائسة ومستحيلة بشأن موضوعات معينة، مثل معدل الذكاء. إنّ الإعلانات الموجَّهة مباشرةً للعميل تستهدِف غالبًا الأطفال، أو الآباء. فعلى سبيل المثال، يستضيف «قصر الأطفال» في تشونج تشينج بالصين «معسكرًا صيفيًّا لعِلْم الوراثة» للأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 3 أعوام، و12 عامًا، الذي يُزْعَم أنه يتم التعرّف فيه على "سمات" معينة، مثل القدرة الرياضية، والموسيقية، ثم تطويرها.

«الحتمية الوراثية لا تنتشر فحسب في علم الجينوم كطبقة الزينة المسمومة التي تكسو سطح الكعكة، وإنما تتخلل قلب هذه الكعكة بتأثيرها على كيفية إجرائنا للأبحاث».

إنني أقل اقتناعًا من بليس بأن ذلك التمحوّر حول الجينات أمر مستجَد على العصر الجينوميّ؛ فأنا أُقِرّ بصدر رحب بأنّ علم الجينوم يمنح قوة جديدة للتفسيرات الوراثية للسلوك الإنسانيّ، وأن ثقافتنا قد صارت في الآونة الأخيرة محفِّزة على إجراء أبحاث حول "وظائف الجينات"، لكنّ كثيرًا مما تصفه بليس في كتابها يبدو لي مثل الحتمية، ولكنْ في سياق جديد.

إنّ ما تفعله بليس ببراعة في هذا الكتاب هو تحليلها للآليات التي تصبح بموجبها الحتمية الوراثية نتاجًا للجهد البحثيّ نفسه. والنتيجة الأشد تأثيرًا، التي توصلت إليها بليس، هي أن العلماء والصحفيين بإمكانهم استيعاب أن ثنائية الطبيعة والتنشئة وهميّةٌ، بل وحَذْف لغة النزعة الجوهرية من أعمالهم أيضًا، وفي الوقت نفسه يَظَلّون مُراعين للحتمية الوراثية. فنحن قد نعارض الأيديولوجية، لكننا نظل نشارك - عن طيب خاطر - في ملاحقتها، مدفوعين برأس المال، والنزعة الفردية، وبريق الجمع بين التخصصات. وفي السياق التاريخيّ، تُعَد هذه الفكرة من الأفكار المسيطِرة على العقول. ■

ناثانيال كومفرت أستاذ في تاريخ الطب بـ«جامعة جونز هوبكنز» في بالتيمور بولاية ميريلاند، وهو مؤلف كتاب «علم الكمال البشري» *The Science of Human Perfection*، المنشور مؤخرًا. يعمل كومفرت حاليًّا في إعداد سيرة حياتية للحمض النوويّ.
البريد الإلكتروني: nccomfort@gmail.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



فضاء

صحة

استدامة

تكنولوجيا

للعِلم «For Science» هي نسخة إلكترونية من مجلة «ساينتفك أميركان» موجهة إلى الناطقين باللغة العربية.
تقدم المجلة الإلكترونية رؤىً وأفكارًا ثاقبة وموثوقة، وتلقي الضوء على أحدث التطورات في دنيا العلوم والتكنولوجيا والطب الحيوي.
تنشر «للعلم» مقالات رأي لأكاديميين ومفكرين من بين الأعظم تأثيرًا في المنطقة العربية.

scientificamerican.com/arabic





nature research

علم الفلك

منــارة في فجــر الكــون

النجوم الزائفة هي ألمع مصادر تنبعث منها الإشعاعات باستمرار في الكون. أظهرت القياسات التي أُجريت على أبعد نجم زائف مكتشَف على الإطلاق تفاصيل حول تطوُّر وبِنْية الكون في مراحله المبكرة.

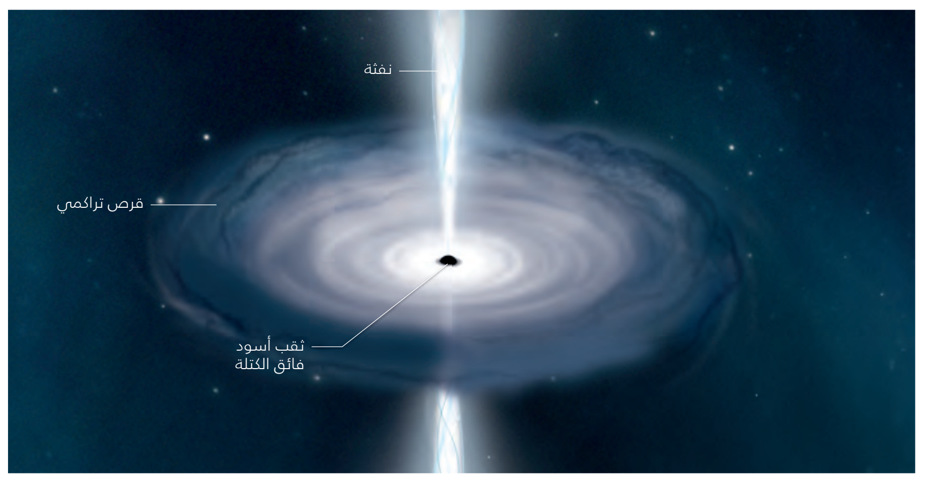
إيلات جليكمان

منذ اكتشاف[1] الأجرام الفلكية التي تُدعى النجوم الزائفة في عام 1963، وهي لا تزال من بين أقوى أدواتنا لاستكشاف الكون في مراحله المبكرة. لقد كانت في بادئ الأمر يُنظر إليها باعتبارها مصادر غامضة لسطوع شديد، أمّا الآن، فهي تُعرف بأنها ثقوب سوداء فائقة الكتلة، تتغذى بنهمٍ على الغاز الموجود في المنطقة المحيطة بها مباشرة، باعثةً كميات ضخمة من الإشعاع في أثناء ذلك. وفي بحث نُشر مؤخرًا بدورية *Nature*، أعلن بانادوس وزملاؤه[2] عن نتائج رصد لأبعد نجم زائف تم اكتشافه حتى الآن. انبعث الضوء الذي تم التقاطه من هذا الجسم عندما كان عمر الكون لا يتعدى 690 مليون سنة، أي ما يساوي 5% فقط من عمره الحالي.

قبل 90 سنة تقريبًا، اكتشف عالِم الفلك إدوين هابل أن الكون يتمدد[3]. ويعمل هذا التمدد على مطّ موجات الضوء التي تنتقل عبر الفضاء، بحيث قد يتم رصد الضوء المنبعِث من مصدر بعيد باللون الأزرق على أنه ضوء أحمر. وتُعرف تلك الظاهرة بـ"الانزياح نحو الأحمر"، وهي ترتبط بالمسافة، وبالزمن، فكلما زاد الانزياح نحو الأحمر، كان المصدر على مسافة أبعد عندما انبعث الضوء منه؛ ما يشير إلى أن الضوء قد انبعث في وقت مبكر أكثر.

إذا عدنا إلى المرحلة التي بدأ عندها الكون في التمدُّد، نجد أنه قد بدأ في حالة ساخنة وكثيفة، مملوءًا في معظمه بالهيدروجين المتأين. ومع تمدُّده، كان يبرد أيضًا. وبعد حوالي 380 ألف سنة، أصبحت درجة الحرارة منخفضة بما يكفي لتكوين الهيدروجين المتعادل. في أول بضع مئة مليون سنة، كان الكون خاليًا من أي مصدر للضوء، فلم تكن هناك نجوم، ولا مجرّات، ولا نجوم زائفة، ثم وُلدت النجوم الأولى، على أن الكون ظل مظلمًا، نتيجة لقدرة الهيدروجين المتعادل الكبيرة على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية (وهو النوع الأساسي المنبعث من هذه النجوم).

أمّا في وقتنا الحالي، فالكون يذخر بمصادر الضوء، كما أن الهيدروجين الموجود في الفضاء بين المجرّات (الوسط بين المجري) متأين بالكامل، ومن ثم، فإنه يسمح بنفاذ انبعاثات الأشعة فوق البنفسجية القادمة من المجرّات والنجوم الزائفة التي نشأت في مراحل مبكرة من عمر الكون. وعملية التغير الطوري هذه من كَوْن متعادل إلى



الشكل 1 | انبعاث من نجم زائف. النجوم الزائفة هي أجرام فلكية شديدة السطوع، تتألف من ثقب أسود فائق الكتلة، محاط بقرص دوار من الغاز، يُعرف بالقرص التراكمي. وفيما يتم انجذاب المادة من القرص نحو الثقب الأسود، تنبعث الطاقة على هيئة إشعاع كهرومغناطيسي، وفي بعض الحالات على هيئة أحزمة من الجسيمات المشحونة، يُطلق عليها اسم "نفثات". وقد أعلن بانادوس وزملاؤه[2] عن نتائج رصد النجم الزائف الأبعد، الذي تم التعرف عليه حتى الآن، والذي انبعث ضوؤه عندما كان عمر الكون يعادل 5% فقط من عمره الحالي.

كون متأين - وتُعرف بإعادة التأين - هي عملية غير مفهومة بشكل كامل.

يمكن تقدير حجم الجزء المتعادل من الهيدروجين الموجود في الكون عن طريق تحليل امتصاص الهيدروجين للضوء في النجوم الزائفة. وقد أظهرت دارسات النجوم الزائفة المرصودة على الوضع الذي كانت عليه عندما كان عمر الكون يتراوح بين 0.85 مليار سنة، و1.2 مليار سنة (المقابل لانزياح نحو الأحمر، مقداره 6.5 إلى حوالي 5، على التوالي) أن نسبة الهيدروجين المتعادل قد انخفضت بشكل حاد من 0.1% إلى 0.01% خلال تلك الفترة[4]. ومع ذلك، فإن معظم عملية إعادة التأين قد حدث قبل هذه الحقبة الزمنية.

والنجم الزائف الذي رصده بانادوس وزملائه، والمعروف باسم ULAS J1342+ 0928، له انزياح نحو الأحمر، مقداره 7.54. ويعني ذلك أن انبعاثاته فوق البنفسجية القوية قد انزاحت إلى الأشعة تحت الحمراء القريبة، بما يفوق دقة عمليات المسح التقليدية المستخدَمة لتصوير السماء. ومن ثم، فإن إيجاد نجم زائف كهذا يتميز بانزياح عال نحو الأحمر لم يكن ممكنًا حتى حوالي عقد مضى، عندما بدأت كواشف الأشعة تحت الحمراء القريبة الدقيقة بما يكفي مَسْح مساحات واسعة من السماء[5،6]. وعن طريق دراسة طيف امتصاص النجم ULAS J1342+ 0928 (وهو جزء الإشعاعات الساقطة التي يمتصها الوسط بين المجرّي على مدى مجموعة من الترددات)، تَمَكَّن المؤلفون من تحديد أن الكمية المتعادلة من الهيدروجين كانت 10% على الأقل عندما كان عمر الكون 690 مليون سنة، وهو الأمر الذي يقلص بشدة الافتراضات حول الكيفية التي تمت بها عملية إعادة تأين الوسط بين المجرِّي.

إن الثقب الأسود الخاص بالنجم الزائف ضخم جدًّا؛ إذ يبلغ حوالي 800 مليون مرة كتلة الشمس. وتنمو الثقوب السوداء عن طريق استهلاك الغاز (المتراكم) القادم من هيكل محيط يُعرف باسم القرص التراكمي، (الشكل 1)، ويطلق الغاز الإشعاع في أثناء سقوطه إلى الداخل، إلا أن تلك الأنظمة تتسم بأقصى قدر من السطوع، الذي

يحدث عندما يدفع ضغط الضوء المنبعث الغاز الساقط إلى الداخل؛ ما يُوقِف استمرار النمو. ويعتمد هذا السطوع على كتلة الثقب الأسود المتراكم، ومن ثم، فإنها تحدد أقصى معدل لنمو النظام، ويُعرف باسم "حدّ إدنجتون".

يرى بانادوس وزملاؤه أن الكتلة الضخمة للثقب الأسود في النجم ULAS J1342+0928 يمكنها أن تُفَسَّر بأن يكون الجسم قد بدأ حياته كثقب أسود أوَّلي (بذرة) لا تقل كتلته عن ألف كتلة شمسية. وهذه النتيجة يمكنها أن تستبعد النماذج التي تتضمن أن تكون بذور الثقوب السوداء قد تكوَّنت من موت النجوم العملاقة الأولى[7]، وبدلًا من ذلك، فإنها تُرجح النماذج التي تتضمن أن هذه البذور ربما تكونت من الانهيار المباشر للغاز الأوَّلي[8] في الكون. وإضافة إلى ذلك، فإن الثقب الأسود يجب أن يكون قد نما بشكل مستمر (وبالتالي بصورة أسية) عند حدّ إدنجتون، بداية منذ أنْ كان عُمْر الكون 65 مليون سنة تقريبًا. ورغم أن هذا السيناريو ممكن من الناحية المادية، فهو يتطلب حدوث تراكُم شديد ومستمر لمدة 600 مليون سنة، وهي مدة أطول بكثير من العمر التقليدي لنجم زائف[9].

وحتى الآن، تم اكتشاف نجمين زائفين فقط، يتميزان بقِيَم انزياح نحو الأحمر، أكبر من 7. أُعلن عن النجم الزائف ذي الرقم القياسي السابق[10] في عام 2011، وتنبأت النماذج السابقة لتطور النجوم الزائفة بأنه كان ينبغي العثور على المزيد بحلول الوقت الحالي[11]. فالطرق المستخدَمة للعثور على النجوم الزائفة، حتى عند هذه الانزياحات العالية نحو الأحمر، هي طرق سليمة، وأثبتت فعاليتها. ومن ثم، فإن ندرة النجوم الزائفة ذات الانزياحات العالية نحو الأحمر قد تشير إلى أن هذه الأجسام لم تكن شائعة في مرحلة مبكرة من عمر الكون، كما يمكن أن تعني حدوث انخفاض حاد في نشاط النجوم الزائفة، كلما رجعنا بالزمن إلى أوقات مبكرة أكثر[12]. وإذا كان الأمر كذلك، فإن هذا يشير إلى أننا ربما نرصد أنظمة نادرة جدًّا في وقت بداية ظهورها في الكون.

يقدم العمل الذي قام به المؤلفون لمحة عن أحوال الوسط بين المجرّي في الحقبة الأولى من التكوين البنيوي في الكون، ويمكنها أن تضع قيودًا رئيسة على النماذج الكونية الخاصة بتلك الفترة. ومع ذلك، فإن نجمًا زائفًا واحدًا غير كافٍ لتقديم صورة كاملة عن الكون في حقبة إعادة التأين، أو عن تطور ونمو الثقوب السوداء فائقة الكتلة من البذور الأوَّلية. إذن، فالمهمة القادمة هي التنقيب في المسوح السماوية التي ستتم في المستقبل في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة، بحثًا عن مزيد من النجوم الزائفة، التي يمكنها أن ترسم صورة أكثر اكتمالًا للكون سريع التطور في المراحل الأولى من عمره. ■

إيلات جليكمان تعمل في قسم الفيزياء، كلية ميدلبري، ميدلبري، فيرمونت 05753، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: eglikman@middlebury.edu

1. Schmidt, M. *Nature* **197,** 1040 (1963).
2. Bañados, E. *et al. Nature* **553,** 473–476 (2018).
3. Hubble, E. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **15,** 168–173 (1929).
4. Fan, X., Carilli, C. L. & Keating, B. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **44,** 415–462 (2006).
5. Wright, E. L. *et al. Astron. J.* **140,** 1868–1881 (2010).
6. Lawrence, A. *et al. Mon. Not. R. Astron. Soc.* **379,** 1599–1617 (2007).
7. Natarajan, P. & Volonteri, M. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **422,** 2051–2057 (2012).
8. Bromm, V. & Loeb, A. *Astrophys. J.* **596,** 34–46 (2003).
9. Hopkins, P. F. & Hernquist, L. *Astrophys. J.* **698,** 1550–1569 (2009).
10. Mortlock, D. J. *et al. Nature* **474,** 616–619 (2011).
11. Fan, X. *et al. Astrophys. J.* **121,** 54–65 (2001).
12. McGreer, I. D. *et al. Astrophys. J.* **768,** 105 (2013).

التكنولوجيا الحيوية

تتبُّع ميكروبات الأمعاء بالموجات فوق الصوتية

من الصعب مراقبة الميكروبات التي تعيش في أعماق الأمعاء، إلا أن تصميم بكتيريا تعبِّر عن بِنى يمكن تعقُّبها بالموجات فوق الصوتية قد يقدم طريقة مناسبة لمعرفة موقع هذه الخلايا داخل الجسم الحي، كما قد تكون لها فوائد إكلينيكية.

ريكارد سوليه، ونوريا كوندي بوييو

يوجد نظام بيئي ميكروبي بداخلك، يشبه في مدى غِناه وتعقيده الغابات المطيرة. هذا النظام البيئي – مثله مثل الغابات المطيرة - يحوي عوالم لا يمكن الوصول إليها، وعادة ما تكون مخفية عن الأنظار. تواجهنا مشكلة كبيرة عند محاولتنا مراقبة الأمعاء الحية، تتمثل في أنّ تقنيات التصوير بالضوء لا تصل إلا إلى عمقٍ محدود تحت السطح، إلا أنه في بحث نُشر مؤخرًا بدورية *Nature*، أشار بوردو وزملاؤه[1] إلى تصميمهم نهجًا يَستخدِم الموجات فوق الصوتية؛ لاستكشاف هذا العالم الداخلي، حيث استخدموه لرسم خريطةٍ لمواقع تجمُّعات معيّنة من الخلايا الميكروبية داخل الجسم الحي. وهناك أساليب طبية - سواء المستخدَمة حاليًّا، أم التي قيد التطوير - تطرح الخلايا البكتيرية كوسيلة علاجية لأمراض الأمعاء، أو السرطان. ولذا، من الممكن ضبط تقنية الموجات فوق الصوتية تلك، لاستخدامها إكلينيكيًّا؛ من أجل تحديد ما إذا كانت هذه الخلايا قد وصلت إلى الموقع المستهدَف، أم لا.

ظلّت المجتمعات الميكروبيّة تتطوّر جنبًا إلى جنب مع البشر لملايين السنين[2]. وتُظهِر هذه المجتمعات في هيكلها خِصالًا تنظيمية مكانية وزمانية واضحة. يتكوَّن هذا النظام البيئي الطبيعي عند الولادة، ويتطوَّر ويستجيب للاضطرابات ومصادر الإجهاد المختلفة، وقد ينهار أحيانًا، إلا أنه ظلّ من الصعب التعرف على قوانين الحياة في عمق الأمعاء، ونقاط ضعفها، بل إنّ بعض أفضل التقنيات الموجودة لتصوير الجسم الكامل لا تكشف إلا الهياكل الموجودة في أعماق لا تتجاوز بضع سنتيمترات فقط تحت السطح[3،4].

لذا يقدم بوردو وزملاؤه حلًّا مبتكرًا لهذه المشكلة. فحتى اليوم، يُستخدم التصوير بالموجات فوق الصوتية -في الأساس - لدراسة الأنسجة، إلا أن الباحثين كشفوا أنه يمكن استخدامه بكفاءة أيضًا لتتبُّع تجمُّعات معيَّنة من الخلايا البكتيرية المُهَنْدَسَة وراثيًّا؛ للتعبير عمّا سمّاه الباحثون "جينات مُبَلِّغَة صوتيّة". تُشَفِّر هذه الجينات مكوِّنات بِنى داخل خلويّة مغلَّفة بالبروتين ومملوءة بالغاز، وتُسمَّى حويصلات غازيّة، وهي موجودة طبيعيًّا في العديد من الكائنات الدقيقة، حيث تتحكَّم في قدرة هذه الكائنات على الطفو في البيئات المائيّة[5].

تشمل عملية الكشف بالموجات فوق الصوتية توجيه نبضات من الموجات الصوتية تجاه عيِّنة، ومراقبة الصدى المنعكس، الذي يتأثَّر باختلافات كثافة المواد التي يمر الصوت خلالها. تشتِّت الحويصلات الغازية موجات الصوت، وبهذا يمكن مراقبة الكائنات التي تحتوي على هذه الحويصلات باستخدام الموجات فوق الصوتيّة[6]. كما تتسبب النبضات الضاغطة فوق مستوى معيَّن في انهيار الحويصلات، وبالتالي يمكن الاستدلال على أن اختفاء الإشارات فوق الصوتية بعد توجيه تلك النبضات قد نشأ بسبب وجود حويصلات غازيّة[6]، وهو أسلوب يمكن استخدامه لتحسين رصد الإشارات فيما فوق مستويات إشارات الخلفيّة (الشكل 1).

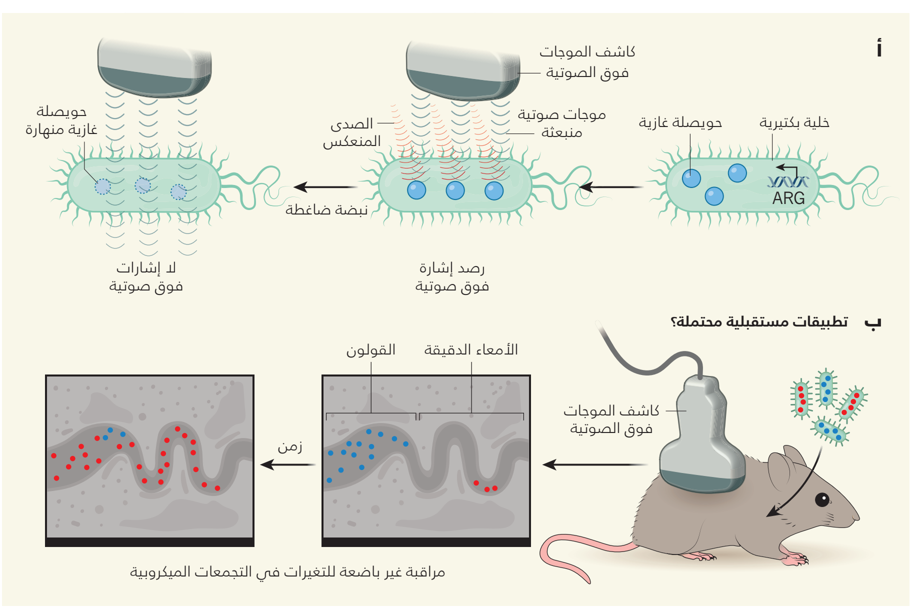
ولم يكن قد سبق إجراء أي اختبارات لمعرفة ما إذا كانت الخلايا التي لا تُنتِج حويصلات غازية بشكل طبيعي يمكن تعديلها بالهندسة الوراثية لتتمكن من ذلك، أم لا، ما يسمح بمراقبة هذه الخلايا باستخدام الموجات فوق الصوتية. لذا قام بوردو وزملاؤه بهندسة أنواع من الكائنات الدقيقة، يجري استخدامها أو تطويرها حاليًّا كوسائل علاجيّة؛ لتعبِّر عن مكوِّنات الحويصلات الغازية. أحد تلك الميكروبات بمثابة سُلالة غير مُمْرِضة من بكتيريا *Escherichia coli*، تُعطى لبعض المصابين بعدوى في الأمعاء[7]. وهناك نوع آخر من البكتيريا، هو *Salmonella enterica* Typhimurium، قادر على غزو الأورام. وتتمّ حاليًّا دراسة نماذج لفئران، لغزو الأورام بهذا النوع من البكتيريا؛ لمعرفة إمكانيّة استخدامها في تصميم عقاقير قاتلة للأورام[8،9].

ومن ثم، قام الباحثون بإدخال بكتيريا مهندَسة - تعبِّر عن الحويصلات الغازية - إلى أمعاء الفئران، وأظهروا أن تقنيّة التصوير بالموجات فوق الصوتية تعمل بكفاءة، حتى على التجمعات الخلوية المخففة بدرجة عالية، حيث أمكن التقاط إشارات لخلايا *E. coli* بتركيز 5×10^7 خلية لكل ملِّيمتر. كما أوضح الباحثون أيضًا أنه بإمكانهم هندسة سلالات بكتيرية، تُوَلِّد إشارات فوق صوتية متميِّزة؛ ما يتيح مراقبة مجتمَعَين مختلفين من البكتيريا في الوقت نفسه، باستخدام سلالات تحتوي على حويصلات غازية، تنهار عند مستويات مختلفة من النبضات الضاغطة.

وقارن الباحثون بين قدرتهم على مراقبة موقع البكتيريا المُهَنْدسة بالموجات فوق الصوتيّة، وبتقنية أخرى تتعقب البكتيريا التي تعبِّر عن جزيء مشع للضوء، باستخدام سلالات تعيش في منطقة داخلية عميقة في الأمعاء، يصعب تصويرها بالأساليب البصرية.. فتفوَّقت تقنية الموجات فوق الصوتية على نظيرتها الضوئيّة، حيث أظهرت الإشارات فوق الصوتية النابعة من البكتيريا المهندَسة درجةً عالية من الدقّة المكانية، ووصلت إلى مناطق عميقة، لم يكن تصويرها ممكنًا بالتقنيّة المبنية على الضوء. وباستخدام الموجات فوق الصوتية، وجد الباحثون بكتيريا تغطي سطح القولون، وموجودة بتركيزات خلوية مماثلة للتركيزات المستخدَمة في الوسائل العلاجيّة.

ويمكن لأنظمة التصوير داخل الجسم الحي، التي تتيح المراقَبة الآنية للبكتيريا المضيئة المخترقة للأورام، أن تراقب بشكل فعال الأورام المرتبطة بالبكتيريا، الموجودة تحت الجلد مباشرة في الفئران[9،10]، إلا أنها أقل نفعًا في مراقبة الأعضاء الأعمق. أما تقنية الموجات فوق الصوتية، التي أتى بها بوردو وزملاؤه، فتقدم صورًا جيدة للسلالات المهندَسة من بكتيريا *S. enterica* Typhimurium، التي تكمن في عمق ورمٍ داخلي (من سرطان المبيض الغدي) في فأر، تطوّر من خلايا بشرية منقولة من سرطان المبيض.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | استخدام الموجات فوق الصوتية لمراقبة ديناميكيات التجمعات الخلوية مكانيًّا وزمانيًّا داخل الجسم الحي. أ: قام بوردو وزملاؤه[1] بتعديل البكتيريا بالهندسة الوراثية، لتعبِّر عما يسمونه جينات الاستجابة الصوتية (ARG)، التي تشفِّر مكوِّنات بِنى مفرغة تُسمَّى حويصلات غازية، تشتِّت الموجات الصوتيّة، وتولِّد صدى يمكن رصده بالموجات فوق الصوتية. يؤدي استخدام نبضات ضاغطة إلى انهيار الحويصلات الغازية، واختفاء الإشارات فوق الصوتية، ما يمكن استخدامه لتحسين رصد الإشارات عند تتبُّع موقع الخلايا المحتوية على حويصلات غازية. تتيح هذه التقنية مراقبة التجمعات الخلويّة الكامنة في أمعاء الفئران الحية، التي لا يمكن تتبُّعها بالمجهر الضوئي. **ب:** قام الباحثون بهندسة نوعين من الحويصلات الغازية (تظهر هنا باللون الأحمر والأزرق)، تنهار عند مستويات مختلفة من النبضات الضاغطة، ما يتيح تمييز الخلايا المحتوية على هذه الحويصلات من بعضها البعض باستخدام الموجات فوق الصوتية. ومن التطبيقات المحتمَلة لهذا البحث إدخال سلالتين مختلفتين من البكتيريا، تحتوي كل منهما على نوع واحد من هذه الحويصلات إلى فأر تجارب. وسيتيح ذلك المراقبة الزمنية والمكانية غير الباضعة داخل الجسم الحي لديناميكيات مجموعتين مختلفتين من البكتيريا في الأمعاء، في مناطق معينة، مثل: الأمعاء الدقيقة، أو القولون.

قد تفيد تقنيّة الموجات فوق الصوتية تلك في تأكيد فعالية الأساليب التي تستخدم الخلايا البكتيرية المهندَسة لاستهداف الأورام، وضبطها حسب الحاجة. ويعتبر التصوير داخل الجسم الحي جزءًا مهمًّا من عملية تقييم هذه العلاجات في النماذج الحيوانية، بما في ذلك تحديد الجرعة الصحيحة، وتقدير زمن الاستجابة للعلاج. وحتى في مستوى إثبات المبدأ هذا، فإن هناك احتمالًا كبيرًا لاستخدام هذه الوسيلة غير الباضعة لمراقبة تأثير علاج السرطان بالبكتيريا في أحد المصابين بمرور الوقت. وقد يقدم هذا البحث أداة مناسبة لتحسين أداء علاجاتٍ ووسائل تشخيصية أخرى قيد التطوير، يُستخدَم فيها نهج حيوي تخليقي لهندسة الخلايا؛ لتتخذ مسارات بيولوجية ليست موجودة بشكل طبيعي في نوع معيَّن من الخلايا[11].

وإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام تقنية تصوير صوتي أخرى، تُسمّى "التصوير الصوتي الضوئي" كمُكمِّل لعمل بوردو وزملائه. في هذه التقنية تستثير نبضات ضوئية أو نبضات بتردد راديوي إحداث توسُّع حراري للأنسجة المستهدَفة، يولِّد موجات صوتية[12]. وقد يتيح دمج التصوير الصوتي الضوئي في التقنية التي طورها الباحثون إمكانية تحديد موقع البكتيريا بدقة، إلى جانب معلوماتٍ مفصَّلة عن الأنسجة المحيطة داخل الجسم الحي.

كما يمكن تصوّر إمكانية ابتكار امتدادات أخرى وتطبيقات لعمل بوردو وزملائه. فمثلًا، يمكن تصميم مجموعات من البكتيريا المُهَنْدَسة[13,14] لإنتاج إشارة فوق صوتية، كردّ فعل لمجموعة محددة من الظروف الفسيولوجية والبيئية المختلفة في الأمعاء. كما أن الخلايا البكتيريّة المُهَنْدَسة عند استجابتها للتفاعل مع خلايا الأمعاء قد تساعد على تتبُّع الجغرافيا الحيوية الوظيفية للأمعاء. والقدرة على التحكم الانتقائي في تعبير جينات الاستجابة الصوتية قد تفيد في تصميم تجارب لمراقبة كيفية استعمار البكتيريا المستجدَّة للأمعاء، أو مراقبة تدمير المُمْرِضات البكتيرية عبر المكان والزمان في أثناء العلاج.

وربما يمكن أيضًا استخدام هذه التقنية الجديدة لدراسة أنظمة أخرى فيما هو أبعد من نطاق الجسم، كالأنظمة البيئية الميكروبية مثلًا في مواطنها السليمة أو التالفة في التربة. فقد تحوي التربة بيئة ميكروبية غنية، وما زالت البيئة المكانيّة لميكروبات التربة غير مفهومة تمامًا[15]، كما أن تصوُّر تشارلز داروين عن وجود "مجموعة متشابكة" تضم تفاعلات معقَّدة بين الكائنات يتناسب مع كلٍّ من الشبكات البيئية في التربة، والقَدْر العالي من التعقيد الموجود في التفاعلات الخلوية في الأمعاء. ولذلك فإن هناك حاجة إلى وجود أدوات فحصٍ مرنة؛ من أجل فهْم البيئات من هذا النوع. وربما تكون الدراسات المستقبلية المبنية على أساس بحث بوردو وزملائه لتقديم تصوير دقيق صوتي للديناميكيات المكانيّة للخلايا خطوة مهمّة إلى الأمام. ■

ريكارد سوليه، و**نوريا كوندي بويو** يعملان في مؤسسة ICREA، التابعة لجامعة بومبيو فابرا، 08003 برشلونة، إسبانيا. ريكارد سوليه يعمل أيضًا بمؤسسة سانتا في، سانتا في، نيو مكسيكو، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: ricard.sole@upf.edu; nuria.conde@upf.edu

1. Bourdeau, R. W. *et al. Nature* **553,** 86–90 (2018).
2. Walter, J. & Ley, R. *Annu. Rev. Microbiol.* **65,** 411–429 (2011).
3. Berlec, A., Završnik, J., Butinar, M., Turk, B. & Štrukelj, B. *Microb. Cell Fact.* **14,** 181 (2015).
4. Hong, G., Antaris, A. L. & Dai, H. *Nature Biomed. Eng.* **1,** 0010 (2017).
5. Walsby, A. E. *Microbiol. Rev.* **58,** 94–144 (1994).
6. Shapiro, M. G. *et al. Nature Nanotechnol.* **9,** 311–316 (2014).
7. Sonnenborn, U. & Schulze, J. *Microb. Ecol. Health Dis.* **21,** 122–158 (2009).
8. Din, M. O. *et al. Nature* **536,** 81–85 (2016).
9. Danino, T., Lo, J., Prindle, A., Hasty, J. & Bhatia, S. N. *ACS Synth. Biol.* **1,** 465–470 (2012).
10. Weissleder, R. *Nature Rev. Cancer* **2,** 11–18 (2002).
11. Weber, W. & Fussenegger, M. *Nature Rev. Genet.* **13,** 21–35 (2012).
12. Xu, M. & Wang, L. V. *Rev. Sci. Instrum.* **77,** 041101 (2006).
13. Brenner, K., You, L. & Arnold, F. H. *Trends Biotechnol.* **26,** 483–489 (2008).
14. Macía, J., Posas, F. & Solé, R. V. *Trends Biotechnol.* **30,** 342–349 (2012).
15. Ettema, C. H. & Wardle, D. A. *Trends Ecol. Evol.* **17,** 177–183 (2002).

سرطان الثدي

صحوة مفاجئة للخلايا السرطانية من سباتها

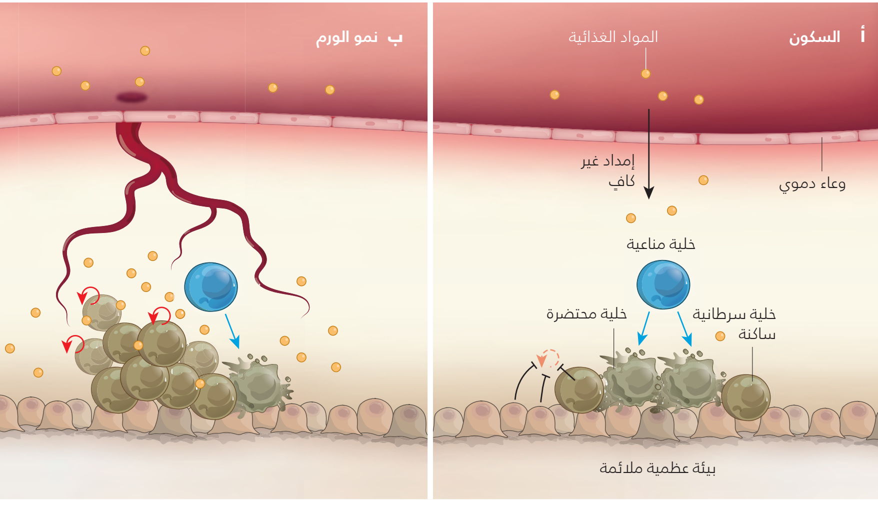
تُوقَف غالبًا العلاجات الدوائيّة للنساء المصابات بسرطان الثدي بعد خمس سنوات من استئصال الورم الأساسيّ، لكنّ تحليلًا تلويًّا يُظْهِر أن هؤلاء النساء يظللن عرضةً لخطر الانتكاس.

جوسيبيه كوريجليانو، وفاتيما كاردوسو

إنّ الهدف الرئيس من العلاج المساعد، الذي يُقدّم بعد نجاح ظاهريّ للعلاج الأوليّ للسرطان، هو تقليل خطر حدوث انتكاس مرضيّ نقيليّ موضعيّ وقصيّ، بسبب خلايا ورم الثدي المتبقية، التي قد تظل لسنوات أو عقود في حالة من السكون. ومعرفتنا ببيولوجيا المرض المتبقي الساكن لا تزال محدودة للغاية. وفي دراسة بان وزملائه[1]، المنشورة في "نيو إنجلاند جورنال أوف مديسين" *New England Journal of Medicine*، فحص الباحثون معدلات انتشار السرطان النقيليّ في 62,923 امرأة خضعن للعلاج من سرطان الثدي، وتلقين العلاج المساعد. وقدَّمَت النتائج التي توصَّل إليها الباحثون فرصة لفَهْم السكون في هذا المرض.

أجرى بان وزملاؤه تحليلًا تلويًّا لثمان وثمانين تجربة، تضمّنت نساء مصابات بأنواع سرطان الثدي مُستقبِل الأستروجين الإيجابي، وهي أنواع فرعية من سرطان الثدي، تتميّز بتعبيرها عن مستقبِل الأستروجين. كانت النساء جميعهن قد برئن تمامًا من المرض بعد خمس سنوات من تلقِّيهن علاج

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | الآليّات المتعددة المسبِّبة لسكون الأورام. أوضح بان وزملاؤه[1] أن النساء اللواتي يحصلن على أدوية لمدة خمس سنوات بعد استئصال سرطان الثدي الأوَّليّ لديهن يظللن عرضة لخطر الانتكاس المتأخر، بسبب هجرة الخلايا السرطانية إلى موقع ثانويّ، مثل العظام، واتخاذها حالة من الهجوع. **أ:** يمكن أن تسهم عدة عوامل في سكون الخلايا السرطانية، مثل نقص إمداد الأوعية الدموية، ما يعني عدم حصول الخلايا على القدر الكافي من الأكسجين والمواد الغذائية للتكاثر؛ والمراقبة المستمرة التي تفرضها الخلايا المناعية التي تقتل بعض الخلايا السرطانية الساكنة؛ والإشارات الصادرة من داخل الخلايا السرطانية، ومن الخلايا الموجودة في البيئة العظمية الملائمة المحيطة، التي تثبِّط تكاثر الخلايا السرطانية (السهم المتقطع المجعَّد). **ب:** يحدث الانتكاس عندما يُفقَد التوازن بين تكاثر الخلايا السرطانية وهذه العوامل، بسبب نمو الأوعية الدموية، أو تلافي نشاط الخلايا المناعية، أو التغيُّرات التي تَحُول دون صدور الإشارات المانعة للتكاثر، وهو ما يؤدي إلى نمو الورم.

الغدد الصمّاء المساعد بانتظام، الذي تَضَمَّن تناولهن أدوية تقلل من نشاط مستقبِل الأستروجين. ولا يوجد خلاف على الآثار النافعة لهذه العلاجات في منع حدوث النقيلة خلال السنوات الخمس التالية للتشخيص، إلا أن تحليل الباحثين كان من أجل معرفة احتمال حدوث نقيلة متأخرة بعد فترة تتراوح من خمس سنوات إلى عشرين سنة، في حالة إنهاء العلاج المساعد بعد خمس سنوات. واكتشف الباحثون أن النقيلة حدثت بمعدل ثابت خلال الخمس عشرة سنة التالية لانتهاء فترة العلاج.

ومن المثير للاهتمام، أن أقوى العوامل المُحدِّدة لخطر تكرار حدوث المرض كانت هي نفسها المستخدَمة أصلًا لتحديد درجة شراسة السرطان الأوّليّ، وهي قُطْر الورم، وعدد العُقد الليمفاوية التي تحتوي على خلايا سرطانية، ما يحدد ما إذا كان المرض الأوَّليّ قد انتشر في بداية العلاج، أم لا، لكن حتى بين النساء المصابات بأورام صغيرة غير ممتدة إلى العُقد الليمفاوية، كان خطر حدوث النقيلة يبلغ حوالي 10% على مدار فترة الخمس عشرة سنة.

يعترف بان وزملاؤه بوجود عدة ثغرات تدعو إلى الحذر في تحليلهم، من بينها عدم توفر بيانات كافية عن عدد النساء اللواتي أتممن علاجهنّ المساعد، والعلاج دون الأمثل للنساء اللواتي كُنَّ مصابات بنوع معيَّن من سرطان الثدي مُستقبِل الأستروجين الإيجابي، الذي يُعرَف باسم HER2 الإيجابي. ومع ذلك.. فمن الواضح أنه حتى بعد علاج الغدد الصمّاء المساعد، ظلت النساء المصابات بسرطان الثدي مُستقبِل الأستروجين الإيجابي في مراحله المبكِّرة معرَّضات لخطر مستمر لعودة المرض خلال عشرين سنة على الأقل بعد التشخيص الأصليّ. وقد تكون لهذه النتائج - بالإضافة إلى البيانات المستقاة من تحليل آخر لانتكاس سرطان الثدي[2] - آثار على استراتيجيات المتابعة طويلة المدى، بل وربما على العلاجات أيضًا.

قد يمكن تقليل خطر حدوث الانتكاس بإطالة مدة علاج الغدد الصمّاء المساعد. وهي استراتيجية قيد الاختبار بالفعل، إلا أننا نتساءل عما إذا كانت هذه الوسيلة كافية لتقليل خطر حدوث النقيلة المتأخرة أو تفادي حدوثها، أم لا. وتشير تجربة[3] نُشِرت في عام 2016 إلى أن زيادة مدة العلاج المساعد من 5 سنوات إلى 10 سنوات تحسِّن بشكل واضح من معدلات بقاء المريضات بريئات من المرض لمدة خمس سنوات بعد انتهاء العلاج، ويقلل من نسبة ظهور السرطان في الثدي الذي لم يكن مصابًا في السابق، على أنه لا يزيد معدلات البقاء الكلية. قارنت تجربة ثانية[4] بين العلاج المساعد المستمر لمدة تتراوح بين خمس إلى عشر سنوات، وعلاج "متقطِّع" استهدف إعادة استثارة حساسية الخلايا السرطانية التي ربما قد أصبحت مقاومة للعلاج. ولم تتوصل التجربة إلى أي فرق في معدَّلات بقاء المريضات خاليات من النقيلة، بعد اكتمال أيٍّ من العلاجين.

ومن الضروريّ إجراء متابَعات لفترات أطول؛ للتوصل إلى فهم أفضل لآثار إطالة مدة علاج الغدد الصمّاء المساعد، لأن سرطان الثدي بطيء التقدّم بطبيعته. ومن الواضح أنه على الرغم من أن إطالة مدة العلاج يمكن أن تلعب دورًا في منع حدوث الانتكاسات المتأخرة، ربما من الضروري إعطاء العلاج للمريضة لما تبقى من عمرها، ليكون فعّالًا. وهذا يثير مشكلات السُّمِّيّة، والالتزام، والتكلفة.

ولتحديد طرق أخرى ممكنة لتقليل خطر الانتكاس على أفضل نحو، يتعين علينا التفكير في العوامل التي قد توقظ خلايا الورم الساكنة - التي تنشأ منها النقيلة - من سباتها بعد سنوات عديدة. فما يحدث هو أن الخلايا الساكنة تهرب من تدمير الجهاز المناعيّ لها، وتدخل بيئة مجهرية تدعم بقاءها[5]. وبمجرد دخولها هذه البيئة الملائمة، قد تتسبب آليات عديدة في سكونها. وبالتأكيد، يمكن النظر إلى السكون باعتباره حالة متعددة الأبعاد، تنطوي على عوامل عدة (شكل 1).

أحد أبعاد هذه الحالة هو السكون الخلويّ، الذي تدفع فيه عوامل داخلية - أو خارجية - الخلايا إلى الدخول في حالة كُمون. وقد تتضمن العوامل الداخلية التغيّرات التي تقلل من دافع الخلية للانقسام، وهي التغيّرات التي تشبه تلك التي تحدّ من تكاثر الخلايا الجذعية السرطانية (على سبيل المثال، انظر المرجع 6). وقد تكون هذه التغيّرات غير جينية - أي تُعدِّل التعبير الجينيّ، دون التأثير على تسلسل الحمض النوويّ المتسبب فيه - أو جينيّة[5]. أما العوامل الخارجية، فتشمل التداخل بين أنواع مختلفة من الخلايا في البيئة المجهرية المحيطة، مثل الخلايا البِطانية التي تبطِّن الأوعية الدموية، والخلايا المناعية، والأرومة الليفية، التي تكوِّن الإطار البنائيّ للأنسجة. والبُعد الثاني لحالة السكون هو السكون المرتبط بالجملة الوعائية، الذي تظل فيه مجموعة الخلايا الورمية صغيرة، حيث إن تكوُّن الأوعية الضعيف في المنطقة يؤدي إلى نقص المواد الغذائية، والأكسجين. أما البعد الثالث، فهو السكون الناجم عن المناعة، الذي يحدّ فيه النظام المناعيّ من انتشار مجموعة الخلايا الورمية، عن طريق البحث المتواصل عن الخلايا السرطانيّة؛ والقضاء عليها.

وإذا فَقَدَت حالة السكون هذه توازنها، بسبب التغيّرات في أيٍّ من هذه العوامل سالفة الذكر؛ فإن الخلايا الساكنة تفيق من سباتها، ويتطوّر مرض نقيليّ. ومن ثم، ينبغي أن تهدف استراتيجيّات منْع الانتكاس إمّا إلى منع إفاقة الخلايا الساكنة، أو تدميرها وهي ساكنة. ولتحقيق هذا الهدف، مِن المفيد تحديد المريضات اللاتي قد تُصَبْن بانتكاس متأخر، ثم تصميم استراتيجية علاجية خاصة بهن. تتسم سرطانات الثدي مستقبِلة الأستروجين الإيجابية بمستوى منخفض من التباين الخلويّ داخل الورم[7]، مثل الأشكال المميّزة من التباين الجينيّ، وغير الجينيّ، والوظيفيّ. وقد يؤدي توصّلنا إلى فَهْم أفضل لهذا التباين إلى تحديد العوامل التي تُمكِّن خلايا معينة من أن تصبح مقاوِمة لعلاج الغدد الصمّاء، وتبقى حيّة في بيئاتها النقيلية.

لعل أهم أثر لإطالة مدة علاج الغدد الصمّاء المساعد هو إبقاء الخلايا الورمية ساكنة لفترة أطول، لكنها تظل فترة مؤقتة. ونحن نرى أن استخدام استراتيجية مركّبة تستهدف - بشكل متزامن - الخلايا الورمية والبيئة المجهرية المحيطة بها قد يزيد من احتمال تدمير الخلايا الساكنة، أو إحداث حالة سكون للخلايا مدى الحياة، وهو ما قد يزيد فرص الشفاء. ومن المهم للغاية كذلك التوصّل إلى فَهْم أفضل للتداخل بين الخلايا الساكنة، وأنواع الخلايا المحيطة بها، والنظام المناعيّ؛ من أجل تطوير علاجات فعَّالة تستهدف البيئات المجهرية. وإضافة إلى ذلك، يلزم الانتباه إلى احتمال خضوع خلايا أورام الثدي الساكنة لبرامج محميّة بالتطوُّر، تؤدّي إلى دخول الخلايا في حالة سكون مطوَّلة، شبيهة بالخلايا الجذعيّة. فالإبقاء على هذه الحالة الشبيهة بالخلايا الجذعية بشكل مستديم قد يمثِّل وسيلة أخرى لمنع الخلايا الساكنة من التيقُّظ مجددًا. ■

جوسيبيه كوريجليانو يعمل في قسم أمراض الدم والأورام بالمعهد الأوروبيّ للأورام بجامعة ميلانو، 20141 ميلانو، إيطاليا. **فاتيما كاردوسو** تعمل في وحدة الثدي بمركز تشامباليمود للرعاية الإكلينيكية في مؤسسة تشامباليماود، 038-1400 لشبونة، البرتغال.
البريد الإلكتروني: giuseppe.curigliano@ieo.it
fatimacardoso@fundacaochampalimaud.pt

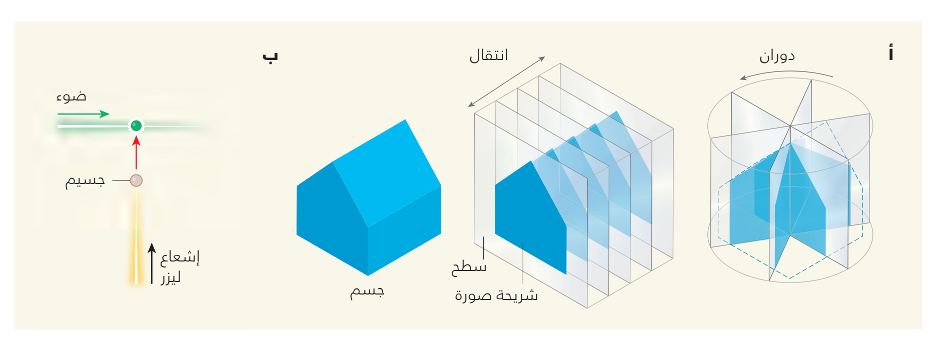
1. Pan, H. *et al. N. Engl. J. Med.* **377,** 1836–1846 (2017).
2. Colleoni, M. *et al. J. Clin. Oncol.* **34,** 927–935 (2016).
3. Goss, P. E. *et al. N. Engl. J. Med.* **375,** 209–219 (2016).
4. Colleoni, M. *et al. Lancet Oncol.* **19,** 127–138 (2017).
5. Goss, P. E. & Chambers, A. F. *Nature Rev. Cancer* **10,** 871–877 (2010).
6. Tosoni, D. *et al. EMBO Mol. Med.* **9,** 655–671 (2017).
7. Ellis, M. J. & Perou, C. M. *Cancer Discov.* **3,** 27–34 (2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فيزياء تطبيقية

جسيم محصور يصنع صورًا ثلاثية الأبعاد

استخدام تقنية يتم فيها تصيُّد جسيم صغير، وتحريكه بضوء الليزر؛ لإنتاج تمثيلات مرئية للأجسام بالأبعاد الثلاثية، ما يقدم مزايا مهمة، مقارنةً بالأساليب المستخدَمة حاليًّا.



الشكل 1 | تقنيات شاشة العرض الحجمية. أ- يمكن للأجهزة المعروفة بشاشات العرض الحجمية إنتاج تمثيلات مرئية للأجسام بالأبعاد الثلاثية. وتَستخدِم هذه الأجهزة عادةً الحركة السريعة الدورية لسطح شفاف. ولتوليد صورة ثلاثية الأبعاد، تُعرَض سلسلة من شرائح الصور على السطح في أثناء تحركه. ويمكن لهذه الحركة أن تكون إما انتقالية (على طول خط مستقيم)، أو دورانية. **ب-** يشير سمالي وزملاؤه[1] إلى نهج بديل، يُستخدَم فيه إشعاع ليزر غير مرئي، لتحريك جسيم صغير (السهم الأحمر). ولإنشاء نقطة في الصورة، يُضاء الجسيم بالضوء عند مروره عبر الموضع المطلوب.

باري جي. بلاندل

تَسمَح الأجهزة المعروفة بـ"شاشات العرض الحجمية" بتوليد صور ثلاثية الأبعاد في إحاطة شفافة. ونظرًا إلى أن هذه الصور تشغل ثلاثة أبعاد، فإنها تُظهِر السمات المكانية التي نربطها بمَشاهد العالَم الحقيقي. ويمكن مشاهدة الصور، دون الحاجة إلى ارتداء العديد من المشاهدين للنظارات في وقت واحد، وتسمح التغييرات في نقطة المشاهدة المُثلى برؤية المحتوى من اتجاهات مختلفة. يصف سمالي وزملاؤه[1] في بحثهم المنشور بدورية *Nature* نهجًا مبتكرًا لتنفيذ شاشة عرض حجمية، تسمح بتكوين صور ثلاثية الأبعاد في الهواء، ما يستبعد الحاجة إلى إحاطة شفافة.

على مدار ما يزيد على مائة عام، كانت شاشات العرض الحجمية موضوعًا للبحث واسع النطاق[2]. فعلى الرغم من أنه من اليسير نسبيًّا صنع شاشة عرض صغيرة (لسطح الطاولة) تعمل بشكل جيد إلى حد ما، من العسير للغاية تطوير شاشة عرض كبيرة تعمل بكفاءة. فثمة مشكلتان رئيستان (لكنهما متعارضتان في كثير من الأحيان) في هذا الأمر. تتعلق المشكلة الأولى بالتقنيات المستخدَمة حاليًّا لإنتاج صور ديناميكية بجودة بصرية مرتفعة نسبيًّا، بينما ترتبط المشكلة الثانية بالسمات البصرية لحجم التصوير، التي يجب أن تسمح للضوء المنبعث من الصورة بالانتشار والانبثاق من الحجم، دون تشوه، مثل ذلك التشوه الحادث عند انبثاق الضوء من حوض الأسماك الاستوائية.

وفيما يتعلق بالمشكلة الأولى أيضًا، يتكوّن حجم التصوير في معظم شاشات العرض الحجمية بواسطة الحركة الدورية لسطح شفاف (شكل 1أ). ولإنتاج صورة ثلاثية الأبعاد، تُعرَض سلسلة من شرائح الصور على السطح في أثناء تحرُّكه عبر الحجم. ونظرًا إلى ضرورة تحديث الصور لما لا يقل عن 30 مرة كل ثانية لتجنب الوميض الملحوظ[3]، لا بد من تحريك السطح بشكل سريع.

يمكن لحركة السطح أن تكون إمّا انتقالية (على طول خط مستقيم)، أو دورانية. وعند استخدام الحركة الانتقالية، تكون أبعاد حجم التصوير محدودة بالمشكلات الميكانيكية الناشئة عن كتلة السطح والتسارع. وفي حالة الحركة الدورانية، تزداد السرعة الخطية للسطح مع المسافة من محور الدوران. ويؤثر ذلك على جودة الصورة، وهكذا يمكن أن يحدّ في نهاية المطاف من قُطْر حجم التصوير. توجد أيضًا منطقة "ميتة" بالقرب من محور الدوران، حيث لا يمكن أن تتكوّن نقاط الصورة عندها[4].

ثمة وجه قصور آخر في هذا النوع من شاشات العرض، يتمثّل في أن حركة السطح تعوق إدراج المجسات اللمسية، وهي الأدوات التي تعيد تخليق الإحساس باللمس، عن طريق تعريض المستخدم للقوى، أو الحركة، أو الاهتزازات. ويمكن لهذه المجسات محاكاة الصلابة المرتبطة بالأشكال المادية للصور، بحيث يمكن - على سبيل المثال - تشكيل صورة الطين، ليبدو كطين حقيقي.

سعى سمالي وزملاؤه للتغلب على كل هذه الصعوبات باستخدام أثر الترحيل الضوئي[5]، حيث يُستخدَم ضوء الليزر لتصيّد الجسيمات الصغيرة (التي يبلغ قطرها 5-100 ميكرومتر)، وتحريكها. ولإنشاء نقطة ضوء في موضع معين في الفراغ ثلاثي الأبعاد، استخدم الباحثون إشعاع ليزر غير مرئي لتحريك جسيم، وعند مرور الجسيم عبر الموضع المطلوب، أُضيء باللون الأحمر أو الأخضر أو الأزرق (شكل 1ب). ويشير الباحثون إلى إمكانية تكوين صور ديناميكية معقدة عالية الدقة، من خلال إدخال التوازي، وهو الحركة المتزامنة لكثير من الجسيمات.

يوجد ما لا يقل عن ثلاث مزايا رئيسة لنهج سمالي وزملائه. الميزة الأولى هي أنه لا يتطلب الحركة الدورية لسطح ما؛ فالحركة مقتصرة على الجسيمات منخفضة الكتلة. أما الميزة الثانية، فهي أن وجود هذه الجسيمات سيكون له تأثير ضئيل على انتشار الضوء عبر حجم التصوير. والميزة الثالثة هي أنه يمكن لمكونات الصورة أن تتواجد مع المجسات اللمسية والأدوات التفاعلية الأخرى، وذلك نتيجة لتكوُّن الصورة في الهواء.

يقدّم الباحثون عدة صور فوتوغرافية لمحتوى الصورة الناتج عن استخدام التقنية التي اتبعوها (انظر شكل 2 في البحث المنشور1)، لكن هذه الصور الفوتوغرافية تطلبت فترات تعرُّض طويلة، بلغت عشرات الثواني. لذا، لتنفيذ شاشة عرض تعمل بنجاح، ثمة حاجة ملحة إلى استكشاف طرق لزيادة سرعة حركة الجسيمات، وإدخال التوازي؛ كي يمكن إنشاء العديد من نقاط الصورة بشكل متزامن.

يشكّل إدخال درجة مرتفعة من التوازي تحديًّا آخر يتعلق بضرورة التمكّن من الوصول لكل نقطة في حجم التصوير بشكل منفرد. يذكِّرنا ذلك بمشكلة مماثلة تمت مواجهتها في أواخر ستينيات القرن الماضي فيما يتعلق بنوع من شاشات العرض ثلاثية الأبعاد، تُسمَّى شاشة العرض الحجمية، القائمة على التلوّن بالضوء[6،7]. وثمة مشكلة أخرى تتعلق بأن إدراج المجسات اللمسية في حجم الصورة سيؤدي - على الأرجح - إلى ظهور مناطق ظِلّ ستتداخل مع انتشار الضوء المستخدَم لحركة الجسيمات والإضاءة، لكن التصميم المُحكم لهذه المجسات سيصلح هذه المشكلة المحتملة.

ومن ناحية دقة التفاصيل، مِن المستبعَد أن تتنافس هذه الأجهزة على الإطلاق تنافسًا مباشرًا مع شاشات العرض المجسمة ثلاثية الأبعاد المتطورة. ولكن على الرغم من مرور أكثر من قرن على الأبحاث التي تتناول شاشات العرض الحجمية، فحجم العمل الذي يتناول استكشاف سبل الاستفادة من خصائص الصورة الرئيسة كان قليلًا نسبيًّا. وعلى وجه التحديد، توفر شاشات العرض الحجمية حرية كبيرة في وضع المشاهدة، وتدعم اختلاف منظور الحركة الرأسي والأفقي، ما يعني أن المشاهدين يمكنهم التحرك، وتغيير منظورهم للصورة بطريقة طبيعية بالكامل.

ومن ثم، فإن هذه الأجهزة توفر فرصًا مثيرة وغير مستكشَفة إلى حد كبير، للنهوض بالتصوير المكاني (في مجالات معينة، مثل جراحة الأعصاب)، والتصوير الديناميكي (في مجالات عديدة مثل ديناميكا الموائع، والروبوتات، والتدريب الرياضي). وفيما يتعلق بالتصوير الديناميكي، ثمة حاجة إلى دعم أفضل لإظهار الأشكال المعقدة للحركة ثلاثية الأبعاد[8]. وإضافة إلى ذلك، فإن إنشاء الصور الحجمية في الهواء يُمكِّن من التفاعل المباشر، ما يسمح - على سبيل المثال - بإجراء مهام التصميم ثلاثي الأبعاد بطريقة طبيعية في الفراغ ثلاثي الأبعاد.

يمكن لنهج سمالي وزملائه أن يوفر أساسًا للجيل القادم من شاشات العرض الحجمية، وهي الأجهزة التي لن تعزِّز فقط من فَهْمنا للديناميكيات المكانية، والهندسة المعقدة، وإنما ستدعم أيضًا التفاعل المبتكر للمستخدم. ■

باري جي. بلاندل يعمل في قسم التعلم عبر الإنترنت، التابع لجامعة ديربي، ديربي DE22 1GB، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: barry.blundell@physics.org

1. Smalley, D. E. *et al. Nature* **553,** 486–490 (2018).
2. Luzy, E. & Dupuis, C. Procédé pour obtenir des projections en relief. French Patent 461,600 (1914).
3. Blundell, B. G. *Enhanced Visualization: Making Space for 3-D Images* 68 (Wiley, 2007).
4. Blundell, B. G. & Schwarz, A. *Volumetric Three-Dimensional Display Systems* 72–91 (Wiley, 2000).
5. Davis, E. J. *Aerosol Sci. Technol.* **26,** 212–254 (1997).
6. Adamson, A. W. Method and apparatus for generating three-dimensional patterns. US Patent 3,609,706 (1971).
7. Adelman, A. H. & Lewis, J. D. Method and apparatus for generating three-dimensional patterns. US Patent 3,609,707 (1971).
8. Blundell, B. G. *3D Res.* **8,** 11 (2017).



ربيع الآخر ١٤٣٧هـ/ يناير ٢٠١٦م
مجلة فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
السنة (٣٠) العدد (١١٨)

المعلوماتية الحيوية

ISSN 1017-3056
www.kacst.edu.sa

مجلة العلوم والتقنية
السنة (٣٠) العدد (١١٨) ربيع الآخر ١٤٣٧هـ/ يناير ٢٠١٦م

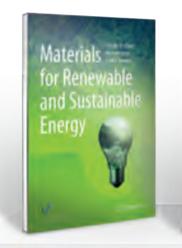
إصدارات

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST





كتبٌ ومجلاتٌ جديدةٌ بالقراءة، في مجالات العلوم والتقنية والإبتكار...









كتب مؤلفة	كتب التقنيات الاستراتيجية	ثقافتك	مجلة العلوم والتقنية	مجلة العلوم والتقنية للفتيان	مجلة نيتشر الطبعة العربية	KACST Peer Reviewed Journals
صناعة إنتاج المعرفة	الإعداد للتقنيات الاستراتيجية	نحو مجتمع مثقف علميا	إثراء المعرفة العلمية	إعداد النشء لمستقبل أفضل	نقل وتوطين المعرفة	Journals for Strategic Technologies



http://publications.kacst.edu.sa

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الرقم: 340517

علم البيئة

تكرار حرائق الغابات يحرّك تغيرات بيئية

يتغير معدَّل حدوث الحرائق على المستوى العالمي حاليًّا، ومن المتوقع أن يؤثر على دورة الكربون والمناخ حول العالم، لكنّ عدم التيقن من كيفية استجابة النظم البيئية للتغيرات العقدية في معدل حدوث الحرائق يجعل من الصعب التنبؤ بآثار نُظُم الحرائق المتغيرة على دورة الكربون. فعلى سبيل المثال، لا نفهم - بشكل كامل بعد - الآثار بعيدة المدى للحرائق على الكربون الموجود في التربة، ومخزون المغذيات بها، ولا ما إذا كانت الخسائر التي تسبِّبها الحرائق في المغذيات تحدّ من إنتاجية النباتات، أم لا. ومن ثم، قام الباحثون بتحليل بيانات من 48 موقعًا في مراعي السافانا، والغابات ذات الأوراق العريضة، والغابات ذات الأوراق الإبرية، تمتد عبر فترات زمنية تصل إلى 65 سنة، تغيّر خلالها معدل حدوث الحرائق في كل موقع. ووجد الباحثون أن الأراضي التي كثيرًا ما تتعرض للحرائق شهدت انخفاضًا في مستويات الكربون والنيتروجين في التربة السطحية التي لم تكن مشبعة على مدار الزمن، حيث كان مستوى الكربون فيها أقل بنسبة 36 في المئة (±13 في المئة)، والنيتروجين بنسبة 38 في المئة (±16 في المئة) بعد 64 عامًا عن الأراضي التي كانت محمية من الحرائق. وقد كانت خسائر الكربون والنيتروجين الناتجة عن الحرائق كبيرة في مراعي السافانا والغابات ذات الأوراق العريضة، إلا أنها لم تكن كذلك في الغابات ذات الأوراق الإبرية معتدلة المناخ، وتلك الشمالية. كما لاحظ الباحثون خسائر مشابِهة في مستويات الكربون والنيتروجين في التربة في مجموعة بيانات ميدانية مستقلة، وفي نماذج محاكاة ديناميكية للغطاء النباتي العالمي. تتنبأ دراسة النماذج تلك بأن الخسائر بعيدة المدى في مستوى النيتروجين في التربة، الناتجة عن الحرائق الأكثر تواترًا، قد تؤدي بدورها إلى انخفاض الكربون المحتبس بفعل صافي الإنتاجية الأولية بنسبة تبلغ حوالي 20 في المئة من إجمالي الكربون المنبعث من الكتلة الحيوية المحترقة خلال الفترة نفسها. وإضافة إلى ذلك، يقدِّر الباحثون أن آثار التغيرات في معدل وقوع الحرائق على تخزين النظام البيئي للكربون قد تكون أقل بنسبة 30 في المئة، إذا لم يأخذوا في الاعتبار تغيُّر مستويات الكربون في التربة على مدى عدة عقود، وخاصة في مراعي السافانا الأكثر جفافًا. وقد تحول التغيرات المستقبلية في معدل وقوع الحرائق تخزين النظام البيئي للكربون، عن طريق تغيير مجمعات كربون التربة وقيود النيتروجين على نمو النبات؛ فتغيِّر بذلك سعة حوض الكربون بمراعي السافانا، والغابات ذات الأوراق العريضة التي تحترق بمعدلات عالية.

A. Pellegrini *et al.*

doi: 10.1038/nature24668

الشكل أسفله | توزيع مواقع الدراسة.
أ، التوزيع الجغرافي للمواقع (n = 48)؛ حجم النقاط يمثل مدة الدراسة. **ب**، التوزيع المناخي للمواقع. تَظْهَر في أسفل اليسار أنواع النباتات بألوان مختلفة، مُسْقَطة على رسم معدل لبيومات "ويتاكر" (1: تندرا، 2: غابة شمالية، 3: غابة خشبية، أو شجيرية، 4: مرعى معتدل المناخ، أو صحراء، 5: غابة معتدلة المناخ، 6: غابة مطيرة م عتدلة المناخ، 7: صحراء شبه استوائية، 8: غابة استوائية، والسافانا، 9: غابة مطيرة استوائية). تَظْهَر النقاط شفافة

هندسة وراثية

تصوير الميكروبات في أعماق الجسم

يلعب الميكروبيوم داخل الكائنات الثديية العديد من الأدوار المهمة في الصحّة والمرض. وتُمَكِّن الهندسة الوراثية العلماء من تطوير وسائل علاجيّة وتشخيصيّة تعتمد على هذا الميكروبيوم. وأحد العوامل الرئيسة المُحَدِّدة لنشاط الكائنات الحيّة الدقيقة - الطبيعيّ منها، والمُعدَّل وراثيًّا - في الجسم الحيّ هو موقعها داخل الكائن الحيّ العائل، لكن الوسائل الحاليّة لتصوير مواقع هذه الكائنات داخل الخلايا ووظيفتها، التي تعتمد أساسًا على الجينات المُبَلِّغة البصريّة، تتسم بمحدوديّة الأداء في الأنسجة العميقة، بسبب تشتت الضوء، أو تتطلب استخدام أجهزة تتبع مُشِعَّة. وعليه، لجأ الباحثون إلى جينات مُبَلِّغة صوتيّة، وهي بِنى جينية تسمح بتصوير التعبير الجينيّ للبكتيريا داخل الجسم الحيّ باستخدام الموجات فوق الصوتيّة، وهي تقنية تصوير رخيصة ومتوفرة على نطاق واسع، وقادرة على اختراق الأنسجة العميقة، وتكوين صور بدقّة مكانية عالية. وتَعتمد هذه البِنَى على الحويصلات الغازيّة، وهي فئة فريدة من البِنَى البروتينيّة النانويّة المملوءة بالغازات، يُعَبَّر عنها على نحو رئيس في الكائنات التي تعيش في الماء وتقوم بالبناء الضوئيّ، كوسيلةً لتنظيم طفوها. ويسمح التعبير المغاير للعناقيد الجينية المُعدَّلة وراثيًّا، التي تُشَفِّر الحويصلات الغازيّة، بالتصوير غير الباضع لبكتيريا *Escherichia coli* و*Salmonella* typhimurium عند كثافات حجميّة أقلّ من 0.01% بدقّة أقلّ من 100 ميكرومتر. كما يستعرض الباحثون تصوير الخلايا المُعدَّلة وراثيًّا في الجسم الحيّ في نماذج؛ لإثبات المفاهيم؛ لتحديد مواقعها داخل الجهاز الهضميّ والأورام، ويطوّرون جينات مُبَلِّغة قابلة للتمييز صوتيًّا، تسمح بالتصوير المضاعف للتجمّعات الخلويّة. وتتيح هذه التقنية تصوير الخلايا الميكروبية في أعماق أجسام الكائنات الثديية العائلة، ما يُسَهِّل دراسة الميكروبيوم داخل الثدييات، وتطوير أدوات خلوية علاجيّة وتشخيصيّة.

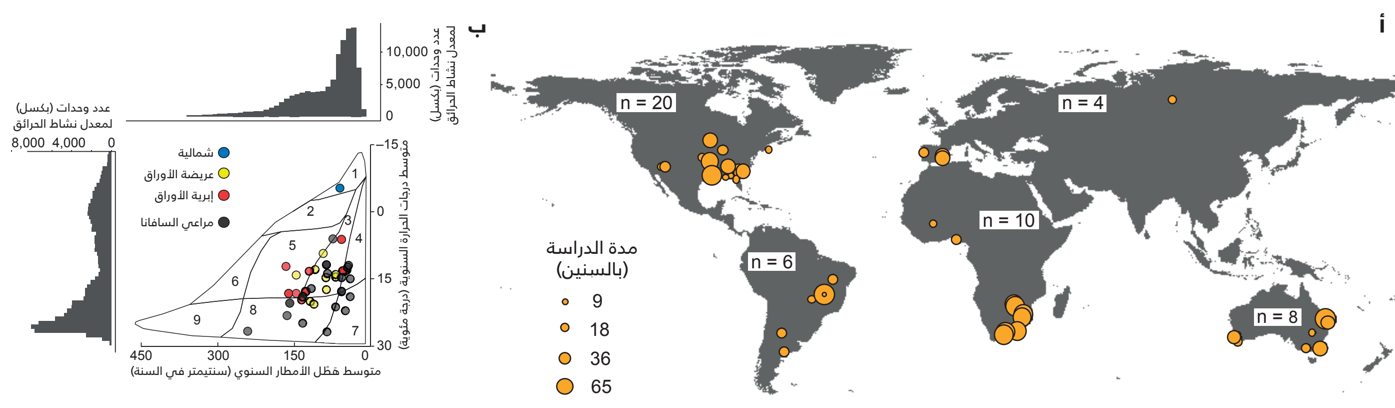
R. Bourdeau *et al.*

doi: 10.1038/nature25021

علم الفلك

نمو مجرة ضخمة في بدايات الكون

وفقًا لما نعرفه في الوقت الحالي عن تكوُّن البنية الكونية، بدأت أولى البنى الأكثر ضخامة في الكون في التكون بعد الانفجار العظيم بفترة وجيزة في المناطق المقابلة لأكبر التقلبات في مجال الكثافة الكونية. ورَصْد هذه البِنَى في أثناء فترة نموها وتجمُّعها النشط - أي في أول بضع مئة مليون سنة من عمر الكون - يمثّل تحديًا، لأنه يتطلب مسوحًا على درجة من الدقة تكفي للكشف عن المجرات البعيدة، التي هي بمثابة علامات إرشادية،



يُستدَل بها على هذه البِنَى، كما ينبغي أيضًا أن تكون هذه المسوح واسعة النطاق بما يكفي لرصد أكثر الأجرام ندرةً. ونتيجة لذلك، فقد تم رصد عدد قليل جدًّا من تلك الأجرام حتى الآن. نشر الباحثون مؤخرًا أرصادًا لجرم مضيء في نطاق الأشعة تحت الحمراء البعيدة عند انزياح نحو الأحمر مقداره 6.900 (أقل من 800 مليون سنة بعد الانفجار العظيم)، الذي أُكتشِف في مسح واسع النطاق. ويبين التصوير عالي الدقة أن ذلك الجرم عبارة عن زوج من المجرات فائقة الكتلة المكوِّنة للنجوم. تكوّن أكبرهما نجومًا بمعدل 2,900 كتلة شمسية في السنة، وتحتوي على 270 مليار كتلة شمسية من الغاز، و2.5 مليار كتلة شمسية من الغبار، وهي أضخم من أي جرم آخر معروف بانزياح نحو الأحمر يزيد على 6. وما يحفز - على الأرجح - تكوين هذه المجرة السريع للنجوم هو مجرّتها المرافقة على مسافة فاصلة تقديرية تبلغ 8 آلاف فرسخ فلكي. وتحتوي هذه المجرة المرافقة المندمجة على 35 مليار كتلة شمسية من النجوم، ولها معدل تكوّن نجمي يبلغ 540 كتلة شمسية في السنة، لكنها تحتوي على غاز وغبار أقل من المجرة المجاورة لها بمقدار قيمة أُسية واحدة، ولها ظروف فيزيائية أشبه بتلك التي تُرصَد في المجرات الأقل معدنية في الكون القريب. وتشير هذه الأجرام إلى وجود هالة من المادة المظلمة، ذات كتلة أكبر من 100 مليار كتلة شمسية، ما يضعها بين هالات المادة المظلمة الأكثر ندرة، المفترَض وجودها في الكون في هذه الحقبة.

D. Marrone *et al*.

doi: 10.1038/nature24629

فيزياء فلكية عالية الطاقة

رصد ميلاد سوبرنوفا

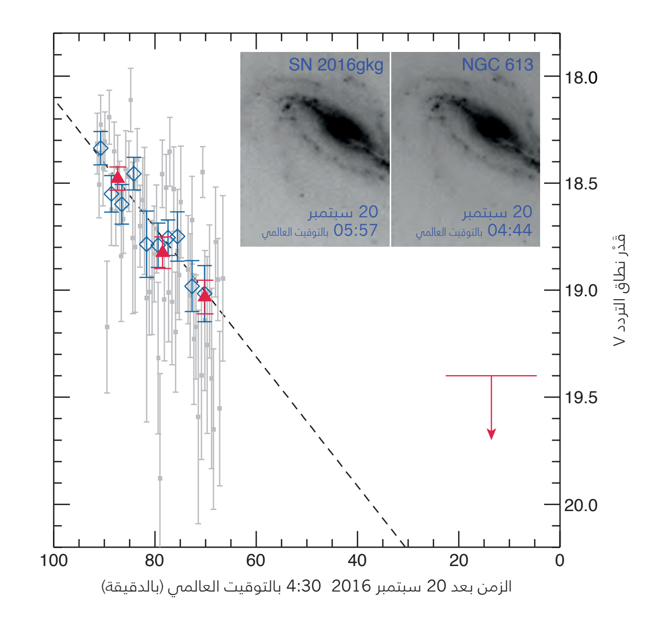
يصعب تحديد خصائص النجوم الضخمة التي تنفجر كمستعرات عظمى (سوبرنوفا) . والانبعاث الكهرومغناطيسيّ، الذي يحدث في أثناء الدقائق إلى الساعات الأولى من نشوء الصدمة من سطح النجم يُقدِّم معلومات مهمة عن التطور والبنية الأخيرين للنجم المنفجر، لكن الطبيعة غير القابلة للتنبؤ لأحداث السوبرنوفا تَحُول دون الكشف عن هذه المرحلة الأولية الوجيزة.

يشير الباحثون في هذا البحث إلى الاكتشاف غير المتنبَّأ به لسوبرنوفا حديثة الولادة، عادية من النوع IIb (SN 2016gkg) وتكشف عن سطوع سريع عند أطوال موجية بصرية تبلغ حوالي 40 قَدْرًا في اليوم. وقد أتاح أخذ العينات المتكرر بكثرة في عمليات الرصد الفرصةَ للباحثين لدراسة البنية الخارجية للنجم المولّد للسوبرنوفا، وفيزياء نشوء الصدمة بالتفصيل. وقد طوَّر الباحثون نماذج هيدروديناميكية لانفجار السوبرنوفا، تفسِّر بشكل طبيعي التطور الكامل للسوبرنوفا عبر مراحل محددة تخضع لتنظيم عمليات فيزيائية مختلفة.

تشير هذه النتيجة إلى أنه من الملائم فصل معالجة انتشار الصدمة عن الآلية المجهولة التي تتسبب في الانفجار.

M. Bersten *et al*.

doi:10.1038/nature25151



الشكل أسفله | قياس الشدة الضوئية للسوبرنوفا SN 2016gkg عند الاكتشاف. توضح البيانات حدًّا للكشف يبلغ خمسة انحرافات معيارية (5σ) (السهم الأحمر)، وارتفاعًا حادًّا (النقاط) يبدأ بعد الاكتشاف بأقل من ساعة. تَعرِض الصور الموضحة داخل الشكل مزيجًا من أول سلسلة صور، يبلغ عددها 40 صورة (اليسار)، ومزيجًا من آخِر سلسلة صور، يبلغ عددها 21 صورة (اليمين). يتضح قياس الشدة الضوئية لصور فردية (المربعات الرمادية)، ومجموعات مكوّنة من 5 أو 6 صور (المعينات الزرقاء)، ومجموعات مكوّنة من 17–21 صورة (المثلثات الحمراء). يمثّل الخط المتقطع توفيقًا خطيًّا للمعينات الزرقاء، بميل يبلغ 43 ± 6 أقدار في اليوم. تبلغ أشرطة الخطأ انحرافًا معياريًّا واحدًا (1σ). وتكشف قياسات الشدة الضوئية من الصور المجمعة لمحات عن البنية حول التوفيق الخطي، بالرغم من انخفاض دلالتها الإحصائية (يبلغ مربع كاي χ'^2 المخفض للتوفيق الخطي 0.85).

مراقبة مناعية

علاج مُركَّب مضاد للسرطان

تمت الموافقة على استخدام العلاجات التي تستهدف الحواجز المناعيّة – مثل ذلك الذي يتوسطه بروتين الموت الخلويّ المبرمج 1 (PD-1)، وربيطته PD-L1 - لعلاج السرطانات في البشر، مع وجود فائدة إكلينيكية طويلة الأمد لها. إلا أن الكثيرين من مرضى السرطان لا تتحسّن حالاتهم بتناول المركّبات التي تستهدف تفاعل البروتينين PD-1، و PD-L1، ولا تزال الآليّات الكامنة وراء ذلك غير مفهومة تمامًا. وكشفت دراسات حديثة أن استجابة الحالات لتعطيل تفاعل PD-1-PD-L1 قد ترتبط بمستويات التعبير عن بروتين PD-L1 في خلايا الأورام. وبالتالي، فإنه من المهمّ فَهْم المسارات الآليّة التي تحكم التعبير عن بروتين PD-L1 واستقراره، ما يمكن أن يقدم أساسًا جزيئيًّا من أجل تحسين معدّل الاستجابة الإكلينيكية لمرضى السرطان للعلاج بتعطيل تفاعل PD-1-PD-L1، وتحسين كفاءته. والآن يكشف الباحثون أن وفرة بروتين PD-L1 ينظِّمها مركّب cyclin D–CDK4، ومركّب ليجيز الكولين 3-E3 SPOP، من خلال الانحلال الذي يتوسطه البروتيازوم. يتسبب تثبيط CDK4، وCDK6 (المشار إليهما فيما بعد باسم CDK4/6) داخل الجسم الحي في زيادة مستويات بروتين PD-L1، وذلك بتعطيل عملية فسفرة بروتين POZ نقطيّ النوع (يُسمى اختصارًا SPOP)، يتوسطها مركّب سيكلين دي-CDK4، ما يحفِّز انحلال SPOP بفعل المُنَشِّط المُرَكَّب FZR1 المُحَفِّز للطور الانفصالي. إن الطفرات في جين *SPOP* الذي تفقده وظيفته تعطِّل عملية انحلال بروتين PD-L1، التي تتوسطها عملية إضافة اليوبيكويتين؛ ما يؤدّي إلى مستويات مرتفعة من بروتين PD-L1، وأعداد منخفضة من الخلايا الليمفاويّة المخترِقة للأورام، وذلك في عيِّنات من أورام الفئران، وأورام البروستاتا الأوليّة في البشر. ومن الجدير بالذكر أن دمج العلاج المثبِّط لـCDK4/6 بالعلاج المناعي المضاد لبروتين PD-1 يعزز تراجع الورم، ويعزز - بشكل واضح - من معدَّلات البقاء إجمالاً في نماذج الأورام الفأرية. ومن ثم، تكشف هذه الدراسة عن آليّة جزيئيّة جديدة لتنظيم استقرار بروتين PD-L1 باستخدام أحد بروتينات الكينيز الخاصة بالدورة الخلوية، كما تكشف إمكانيّة استخدام علاج يجمع بين مثبِّطات CDK4/6 وحصار الحواجز المناعية من خلال PD-1-PD-L1، لتحسين الكفاءة العلاجية للسرطانات في البشر.

J. Zhang *et al*.

doi: 10.1038/nature25015

هندسة وراثية

علاج فقدان السمع الموَرَّث

على الرغم من إسهام العوامل الجينيّة في حدوث حوالي نصف حالات الصمم، إلا أن الخيارات العلاجيّة للصمم جينيّ المنشأ ما تزال محدودة. طوّر الباحثون في هذا البحث أسلوبًا لتحرير الجينوم، يستهدف صورة من الصمم جينيّ المنشأ، يورّث كصفةٍ سائدة. وأثبت الباحثون أن إدخال مركَّبات الحمض الريبيّ النوويّ الموجِّه لإنزيم كاس9 إلى الجسم الحيّ بواسطة الدهون الكاتيونية يمكن أن يُحسِّن من حالة فقدان السمع في فأر تجارب مصاب بالصمم البشريّ جينيّ المنشأ. صَمَّم الباحثون عوامل لتحرير الجينوم، وتأكدوا من صحتها في أنابيب الاختبار، وفي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

خلايا الأرومة الليفيّة الأوليّة، وهي عوامل تعطِّل - على نحو تفضيليّ - الأليل السائد، المرتبط بحدوث الصمم في جين *Tmc1* (وهو جين من عائلة الجينات الشبيهة بالقنوات المُشفِّرة للبروتينات عبر الغشائية 1) في فأر التجارب بيتهوفن (*Bth*)، رغم الاختلاف بين الأليل الطافر $Tmc1^{Bth}$، والأليل بريّ النوع في زوج قاعديّ منفرد. وقد أدى حقن مركّبات الحمض الريبيّ النوويّ الموجِّه إلى إنزيم كاس9 الدهنيّة، التي تستهدف أليل $Tmc1^{Bth}$ في قواقع آذان الفئران حديثة الولادة الحاملة للأليل $Tmc1^{Bth/+}$، إلى انخفاض ملحوظ في فقدان السمع المتزايد. ولاحظ الباحثون ارتفاع معدّلات بقاء الخلايا الشعرية، وانخفاض عتبات الاستجابة السمعيّة في جذع المخّ في الآذان المحقونة، أكثر من الآذان غير المحقونة، أو الآذان المحقونة بمركّبات مقارنة استهدفت جينًا لا علاقة له بالمرض. لاحظ الباحثون كذلك تحسُّنًا في الاستجابات السمعيّة الإجفاليّة بين الفئران المحقونة، أكثر من الفئران غير المحقونة الحاملة للأليل $Tmc1^{Bth/+}$. وتشير هذه النتائج إلى أن إدخال عوامل التعطيل الجينيّ المستهدفة - المكونة من مركّبات الحمض الريبي النوويّ البروتينية - إلى الجسم الحيّ قد تكون استراتيجيّة مناسِبة لعلاج بعض أنواع فقدان السمع المورَّث كصفة صبغيّة جسديّة سائدة.

X. Gao *et al.*

doi: 10.1038/nature25164

جزيئات نانوية

إكسيتونات ثلاثية ساطعة

تبث أشباه الموصِّلات نانوية البِنية الضوء من مستويات إلكترونية تُعرف بالإكسيتونات. في المواد العضوية، تنص قواعد "هوند" على أن الإكسيتون ذا الطاقة الأقل هو مستوى ثلاثي ضعيف البث. أما في أشباه الموصلات غير العضوية، فتنبأ قواعد شبيهة بنظير لهذا المستوى الثلاثي يُعرف باسم "الإكسيتون المظلم". ولأن الإكسيتونات المظلمة تبعث الفوتونات ببطء، معرقلة بذلك الانبعاث من البِنى النانوية غير العضوية، فقد كان هناك سعي للعثور على مواد تخالف هذه القواعد. ورغم الجهود الجبارة على المستويين التجريبي والنظري، لم يتم التعرف على أي أشباه موصلات غير عضوية، يكون الإكسيتون الأدنى فيها ساطعًا. ويوضح الباحثون - في البحث المنشور - أن الإكسيتون الأدنى في بيروفسكايت السيزيوم هالايد الرصاص ($CsPbX_3$)، حيث X = Cl أو Br أو I) يشمل مستوى ثلاثيًّا عالي الانبعاث. في البداية، يَستخدِم الباحثون نموذجًا للكتلة الفعالة إلى جانب "نظرية الزُّمر"؛ ليبرهنوا على إمكانية وجود مثل هذا المستوى، الذي قد يحدث عند دمج الترابط المغزلي المداري القوي في نطاق التوصيل في البيروفسكايت مع تأثير "راشبا". يقوم الباحثون بعد ذلك بتطبيق نموذجهم على بلورات $CsPbX_3$ النانوية، وقياس التألق الفلوري المعتمِد على الحجم والتركيب على مستوى البلورة النانوية الواحدة. وتفسِّر الخاصية الثلاثية الساطعة للإكسيتون الأدنى المعدلات الشاذة لانبعاث الفوتونات من هذه المواد التي تُبَث بمعدل أسرع بحوالي 20 وألف مرة عن أي بلورة نانوية شبه موصلة أخرى عند درجة حرارة الغرفة، ودرجة التبريد العالي، على الترتيب. وقد تأكد لهم أكثر وجود هذا الإكسيتون الثلاثي الساطع من خلال تحليل التركيب الدقيق في أطياف التألق الفلوري عند درجات حرارة منخفضة. وفي البلورات النانوية شبه الموصلة، التي تُستخدم بالفعل في الإضاءة، وأجهزة الليزر وشاشات العرض، قد تؤدي هذه الإكسيتونات إلى مواد ذات انبعاثات أشد سطوعًا. وبشكل أعمّ.. تَطرَح النتائج التي توصل إليها الباحثون شروطًا للتعرف على أشباه الموصلات الأخرى التي تتميز بإكسيتونات ساطعة، مع تطبيقات محتملة في الأجهزة الإلكترونية البصرية.

M. Becker *et al.*

doi: 10.1038/nature25147

استدامة

خريطة عالميّة لزمن السفر إلى المدن

إن الموارد الاقتصادية، والمصادر بشرية الصنع، التي تحافظ على رفاهية الإنسان ليست موزَّعة بالتساوي عبر أنحاء العالم، بل يتم تركيزها بكثافة في المدن. وتُشَكِّل صعوبة الوصول إلى الفرص المعيشيّة، والخدمات التي تقدِّمها المراكز الحضرية (بسبب المسافات، والبِنْية التحتيّة للمواصلات، والتوزيع المكاني للمدن) حاجزًا كبيرًا أمام تحسين المعيشة والتنمية الشاملة. لذلك من شأن تنفيذ خطة المساواة، التي تقضي بـ"عدم إغفال أحد"، والموضوعة ضمن أهداف التنمية المستدامة الخاصة بالأمم المتحدة، أن يدعم تحسين إمكانية الوصول إلى المناطق المختلفة حول العالم. وقد أدى ذلك إلى إنعاش الجهود العالمية لقياس إمكانية الوصول بدقة، وإنشاء مقياسٍ يمكنه أن يقدِّم المعلومات التي تفيد في تصميم وتنفيذ سياسات التنمية.

وقد كانت المحاولة الوحيدة التي تمّت في السابق لرسم خريطةٍ موثوقة لإمكانية الوصول إلى المناطق المختلفة حول العالم، ونُشِرَت قبل عقدٍ من الزمن تقريبًا، قد استبقت خط الأساس لأهداف التنمية المستدامة، وأغفلت التوسعات الحديثة في شبكات البِنية التحتيّة، خاصة في المواقع ذات الموارد الأقل. وبالتوازي مع ذلك، ترصد الآن مصادر البيانات الجديدة التي تقدِّمها مؤسسة «أوبن ستريت ماب» Open Street Map وشركة «جوجل» شبكات المواصلات بتفصيل وإتقان غير مسبوقين.

في البحث المنشور، طوّر الباحثون خريطة تقدِّر زمن السفر إلى المدن في عام 2015، وتحققوا من صحتها، بدقّة مكانيّة لكل مربع بمساحة كيلومترx كيلومتر تقريبًا، وذلك من خلال إدماج عشرة سطوح بالنطاق العالمي، تصف العوامل المؤثرة على معدلات انتقال البشر، و13,840 مركزًا حضريًّا مرتفع الكثافة السكانيّة، في إطار عمل ثابت لنمذجة جغرافية مكانية. تسلط النتائج التي توصل إليها الباحثون الضوء على التفاوت في إمكانيّة الوصول، نسبةً إلى الثروات، حيث إن 50.9% من الأفراد الذين يعيشون في أوضاع منخفضة الدخل (ويتركّزون في دول أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى) يقطنون على بُعْد ساعة من المدينة، مقارنةً بنسبة 90.7% من الأفراد الذين يعيشون في أوضاع مرتفعة الدخل. وبتثليث هذه الخريطة مع مجموعات البيانات الخاصة بالأحوال الاقتصاديّة الاجتماعيّة، يوضِّح الباحثون كيف تؤدي إمكانيّة الوصول إلى المراكز الحضريّة إلى ضبط الأوضاع الاقتصاديّة، والتعليميّة، والصحية للبشريّة عمومًا.

D. Weiss *et al.*

doi: 10.1038/nature25181

نجوم

خلايا تحبُّب كبيرة على سطح نجم عملاق

يلعب الحمل الحراريّ دورًا رئيسًا في العديد من عمليات الفيزياء الفلكية، منها نقل الطاقة، والنبض، وآليّات توليد المجالات المغناطيسية (الدينامو)، والرياح على النجوم المتطورة، وفي السحب الغبارية، وعلى الأقزام البُنّية. ولقد استقينا معظم معلوماتنا عن الحمل الحراريّ النجميّ من دراسة الشمس؛ إذ يوجد نحو مليوني خلية حمل حراريّ ذات أحجام نمطية، بعرض يبلغ حوالي ألفي كيلومتر على سطح الشمس، وهي ظاهرة تُعرَف بالتحبب، في حين أنه يُفترض بالنجوم العملاقة وفوق العملاقة ألا تأوي على سطوحها إلا القليل من خلايا الحمل الحراريّ الكبيرة (التي يكون حجمها أكبر ببضعة عشرات آلاف المرات من تلك الموجودة على الشمس)، وذلك نظرًا إلى جاذبية السطح المنخفضة. واستنتاج خصائص الحمل الحراريّ المميزة (مثل حجم الحبيبات، وتباينها) لمعظم النجوم المتطورة العملاقة وفوق العملاقة يُعَد تحديًا، لأن كراتها الضوئية محجوبة بالغبار الذي يُخفي جزئيًّا أنماط الحمل الحراريّ. ويمكن الاستدلال على هذه الخصائص من توفيق النماذج الهندسية، إلا أن هذه الطريقة غير المباشرة لا توفِّر معلومات حول الأصل الفيزيائي لخلايا الحمل الحراريّ. ومن ثم، يقدم الباحثون صور قياس التداخل لسطح النجم العملاق المتطور π^1Gruis ذي النمط الطيفيّ S5,7. تُظهِر الصور غلافًا جويًّا شبه دائريّ، وخاليًّا من الغبار، يتسم بأنه مضغوط للغاية، ولا يتأثر بالعتامة الجزيئية، إلا بشكل ضعيف. وقد وجد الباحثون أن السطح النجميّ له نمط حمل حراريّ مُركَّب، بمتوسط تباين للشدة يبلغ 12 في المئة، ويزداد في اتجاه الأطوال الموجية الأقصر. واستنتج الباحثون حجمًا أفقيًّا مميزًا للحبيبات، يبلغ حوالي 1.2×10^{11} متر، وهو ما يعادل 27 في المئة من قُطر النجم. وتتفق قياسات الباحثين مع علاقات التدرّج بين حجم الحبيبات، ودرجة الحرارة الفعّالة، وجاذبية السطح التي تتنبأ بها عمليات محاكاة الحمل الحراريّ السطحيّ النجميّ.

C. Paladini *et al*.

doi: 10.1038/nature25001

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

كيمياء جيولوجية

الأكسجين في أعماق المحيطات

ارتبطت أكسجة أعماق المحيطات في الماضي الجيولوجيّ بحدوث ارتفاع في الضغط الجزئيّ للأكسجين الجزيئيّ الجويّ (O_2) إلى ما يقرب من مستوياته الحالية، وظهور الدورات الجيوكيميائية الحيوية البحرية الحديثة. وارتبطت هذه الأكسجة أيضًا بنشأة الحيوانات المبكِّرة، وتنوُّعها. ومن المُعتقَد عمومًا أن أعماق المحيطات كانت تفتقر إلى الأكسجين إلى حد كبير منذ حوالي 2,500 إلى 800 مليون سنة، مع تقديرات لحدوث أكسجة أعماق المحيطات وما ترتبط بها من زيادة في الضغط الجزئيّ للأكسجين الجويّ إلى مستويات تكفي لهذه الأكسجة، خلال فترة تتراوح بين حوالي 800 و400 مليون سنة مضت. وتُقدَّر عادةً تركيزات الأكسجين الذائب في أعماق المحيطات خلال هذه الفترة باستخدام البصمات الجيوكيميائية المحفوظة في رواسب الجرف أو المنحدر القاريّ القديمة، وهو ما يعكس الحالة الجيوكيميائية لأعماق المحيطات بشكل غير مباشر فقط. وعليه، يقدّم الباحثون سجلًا يعكس بشكل أكثر مباشرةً تركيزات الأكسجين في أعماق المحيطات، بناءً على نسبة أيون الحديد Fe^{3+} إلى الحديد Fe الكلي في أحجار البازلت المُعدَّلة حراريًّا، التي تكوّنت في أحواض المحيطات. وقد سمحت البيانات التي استخدمها الباحثون بالوصول إلى تقديرات كميّة لتركيزات الأكسجين الذائب في أعماق المحيطات منذ فترة تتراوح ما بين 3.5 مليار و14 مليون سنة مضت، وأشارت إلى حدوث أكسجة أعماق المحيطات في عصر البشائر (منذ 541 مليون سنة، حتى الآن)، وربما ليس قبل أواخر حقبة الحياة القديمة (منذ أقل من 420 مليون سنة).

D. Stolper *et al*.

doi: 10.1038/nature25009

رياضيات تطبيقية

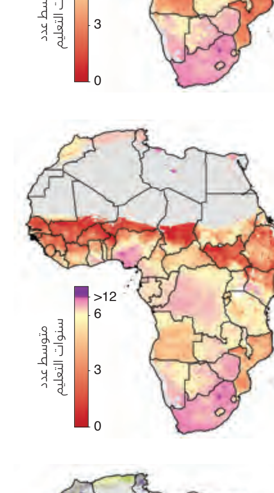
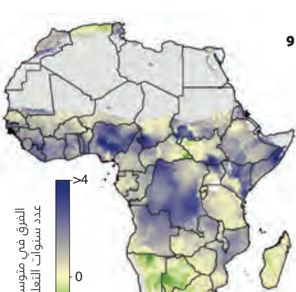
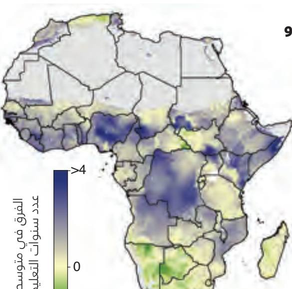
تباين التحصيل الدراسي في أفريقيا

يرتبط التحصيل الدراسي للمرأة في سنّ الإنجاب بتراجع معدل وفيات الأطفال والأمهات، وانخفاض الخصوبة، وتحسّن الصحة الإنجابية. والتحليلات المقارنة للتحصيل الدراسي تُجرَى على مستوى الدول فقط، ما قد يحجب أنماط عدم المساواة داخل كل دولة. وتشير الدلائل إلى وجود فروق كبيرة بين سكان المناطق الحضرية والريفية، ما يثير تساؤلات حول الأماكن التي يحدث فيها معظم التقدّم نحو تحقيق الأهداف التعليمية التي تتضمنها أهداف التنمية المستدامة في البلدان الأفريقية.

يستكشف الباحثون في هذا البحث أوجه عدم المساواة داخل الدول، عن طريق التنبؤ بعدد سنوات التعليم المدرسي في أنحاء شبكات تبلغ مساحتها 5 × 5 كيلومترات، للحصول على تقديرات لمتوسط التحصيل الدراسي، حسب السن والجنس على الأصعدة الوطنية. وعلى الرغم من التقدّم الملحوظ في التحصيل الدراسي بين عامي 2000، و2015 بجميع أنحاء أفريقيا، إلا أنه لا تزال هناك فروق كبيرة بين المواقع، والجنسين. وقد ازدادت هذه الاختلافات في العديد من البلدان، خاصةً في أنحاء منطقة الساحل الأفريقي. من شأن هذه التقديرات المقارنة عالية الدقة أن تُحَسِّن من قدرة صنّاع القرار على التخطيط بدقة للتدخلات المستهدفة، التي ستكون ضرورية لإحراز تقدُّم خلال فترة تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

N. Graetz *et al*.

doi:10.1038/nature25761

الشكل أسفله | متوسط التحصيل الدراسي للنساء والرجال، الذين تتراوح أعمارهم بين 15 و49 عامًا في الفترة بين عامي2000، و2015، والفرق بينهما.
أ- د: متوسط التحصيل الدراسي للنساء (**أ**، **ب**) والرجال (**ج**، **د**)، الذين تتراوح أعمارهم بين 15 و49 عامًا في عام 2000 (**أ**، **ج**)، وعام2015 (**ب**، **د**). **هـ**، **و**: الفرق المطلق في متوسط التحصيل الدراسي بين الرجال والنساء الذين تتراوح أعمارهم بين 15 و49 عامًا في عام 2000 (**هـ**) وعام 2015 (**و**). توضح الخرائط الحدود الإدارية، والغطاء البري، والبحيرات، وعدد السكان. وتبدو النقاط التي يقطنها أقل من 10 أشخاص في كل 1 × 1 كيلومتر، وتُصنَّف بأنها "جرداء"، أوقليلة المزروعات" باللون الرمادي.

علم الفلك

ثقب أسود فائق الكتلة في بدايات الكون

إن النجوم الزائفة (quasars) هي الأجرام غير العابرة الأكثر سطوعًا المعروفة حتى الآن، ولذلك، فهي تتيح إجراء دراسات للكون في أقدم العصور الكونية. ولكن، رغم الجهود المكثفة، فإن النجم الزائف0641 + ULAS J1120، عند انزياح نحو الأحمر $z = 7.09$، ظل لأكثر من نصف عقد من الزمن هو الوحيد المعروف بانزياح z أعلى من 7. أما في البحث المنشور، فيقدِّم الباحثون أرصادًا للنجم الزائف ULAS J134208.10 + 092838.61 (ويشار إليه فيما بعد باسم J1342 + 0928) عند انزياح نحو الأحمر $z = 7.54$. ولهذا النجم الزائف سطوع إشعاعي يساوي 4×10^{13} مرة سطوع الشمس، وثقب أسود بحجم 8×10^{8} كتلة شمسية. ومن شأن وجود هذا الثقب الأسود فائق الكتلة عندما كان عمر الكون 690 مليون سنة فقط – ما يساوي خمسة في المئة فقط من عمره الحالي - أن يعزز نماذج النمو المبكر للثقوب السوداء، التي تطرح ثقوبًا سوداء بكتل ابتدائية تفوق حوالي 10^{4} كتلة شمسية، أو تراكمًا عرضيًّا بدرجة مفرطة من معدل إدينجتون.

كما يرى الباحثون أدلة قوية على امتصاص طيف النجم الزائف الأقرب إلى الأحمر من خط الانبعاث "ليمان ألفا" Lyman α (جناح التخميد "جان-بيترسون")، وهو المتوقع إذا كانت كمية كبيرة (أكثر من 10 في المئة) من الهيدروجين في الوسط بين المَجَرِّي المحيط بالنجم J1342 + 0928 متعادلة الشحنة. وبالفعل، يستنتج الباحثون تلك النسبة الكبيرة من الهيدروجين المتعادل، وإنْ كانت النسبة الدقيقة تَعتمِد على النمذجة. وحتى باستخدام الباحثين أكثر تحليلاتهم تحفظًا، يجدون نسبة تفوق 0.33 (0.11) عند احتمال بنسبة 68 في المئة (95 في المئة)، ما يشير إلى أن الأرصاد التي يقومون بها تقع تمامًا في فترة حقبة إعادة التأيين من عمر الكون.

E. Bañados *et al*.

doi: 10.1038/nature25180

هندسة كهربائية وإلكترونية

عرض حجمي بمصيدة ترحيل ضوئي

إنّ تكنولوجيا إنشاء العروض الحجمية في الفضاء الحر، أو العروض التي تخلق نقاط صور مضيئة في الفضاء،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هي الأقرب شبهًا لعروض أفلام الخيال المشهورة ثلاثية الأبعاد. هذا النوع من العروض قادر على إنتاج صورٍ من لا شيء، تكون مرئية من أي اتجاه تقريبًا، وليست معرَّضة للقَصّ. ويحدّ القَصّ من الفوائد الممكنة لجميع العروض ثلاثية الأبعاد، التي تكيِّف الضوء عند سطح ثنائي الأبعاد ذي حدّ حافِّيّ؛ ويشمل ذلك العروض بالتصوير المجسم الهولوغرافي، والمصفوفات النانوية الضوئية، والعروض البلازمونية، والعروض العدسية، أو تلك الخاصة بالعدسات الصغيرة، وجميع التقنيات التي يكون فيها سطح تشتيت الضوء ونقطة الصورة منفصلَين فراغيًّا عن بعضهما البعض.

في البحث المنشور، يقدِّم الباحثون عرضًا حجميًّا في الفضاء الحر، مبنيًّا على التصيُّد البصري بالترحيل الضوئي، ينتج صورًا ملونة في الفضاء الحر بنقاط صور، يبلغ حجم كل منها 10 ميكرومترات، باستخدام الرؤية المستديمة. يعمل هذا العرض عن طريق عزل جسيم من السليولوز أولًا في مصيدة ترحيل ضوئي، يتم إنشاؤها عن طريق انحرافات كروية، لا بؤرية، ثم يتم مسح كل من المصيدة والجسيم خلال نطاق عرض حجمي، مع إضاءته بضوء أحمر، وأخضر، وأزرق. وتَنْتُج عن ذلك صورة ثلاثية الأبعاد في الفضاء الحر بتدرج ألوان كبير، وتفاصيل دقيقة، ورقطة ظاهرة منخفضة.

وهذه المعالجة التي يُطلق عليها اسم "عرض المصيدة البصرية" Optical Trap Display قادرة على إنتاج صور أشكال هندسية لا يمكن الحصول عليها حاليًّا باستخدام تقنيات التصوير المجسم الهولوغرافي، وتقنيات الحقل الضوئي، مثل إسقاطات الرمي الطويل، والطاولات الرملية الطويلة، والعروض المُلتفَّة.

D. Smalley *et al.*

doi: 10.1038/nature25176

النقائل السرطانية

اضطراب الكروموسوم يحفز النقيلة

يُعَدّ عدم استقرار الكروموسومات علامة مميزة للسرطان، تنشأ نتيجةً للأخطاء المستمرة في انفصال الكروموسومات في أثناء الانقسام الفتيليّ للخلايا. وعلى الرغم من أنّ عدم استقرار الكروموسومات مُحفِّز مهمّ لتطوّر الأورام، إلا أن دوره في حدوث النقيلة لم يُثبَت بعد.

يوضح الباحثون في هذا البحث أن عدم استقرار الكروموسومات يُحفِّز حدوث النقيلة، من خلال دعم استجابة تقوم بها الخلايا الورمية على نحو مستقل تجاه الحمض النوويّ في العصارة الخلويّة. وتؤدي الأخطاء في انفصال الكروموسومات إلى رجحان الأنوية الدقيقة، التي يتسبب تمزّقها في انسكاب الحمض النوويّ الجينوميّ في العصارة الخلويّة. ويؤدي ذلك بدوره إلى تنشيط مسار استشعار الحمض النووي في العصارة الخلوية بواسطة cGAS–STING (مُحَفِّز سينثاز GMP-AMP الحلقيّ لجينات الإنترفيرون)، والتأشير التابع غير التقليديّ للعامل النوويّ NF-κB.

وإن التثبيط الجينيّ لعدم استقرار الكروموسومات يؤخّر بدرجة كبيرة من حدوث النقيلة، حتى في نماذج الأورام شديدة اختلال الصيغة الصبغية، بينما تعزز أخطاء انفصال الكروموسومات المستمرة الغزو الخلويّ والنقيلة بأسلوب يعتمد على مُحَفِّز جينات الإنترفيرون (STING). ومن خلال تخريب الاستجابات الظهاريّة المُميتة للحمض النوويّ، تتسبب خلايا الأورام غير مستقرة الكروموسومات في التنشيط المُزمن للمسارات المناعيّة الطبيعيّة، لتنتشر في الأعضاء البعيدة.

S. Bakhoum *et al.*

doi: 10.1038/nature25432

هندسة ميكانيكية

حركة متعددة الأنماط لروبوت رَخْو صغير

إنّ الروبوتات غير مُقيَّدة الحركة صغيرة الحجم (يتراوح حجمها من عدة ملِّيمترات، حتى بضعة ميكرومترات في جميع الأبعاد)، التي يمكنها الوصول إلى الفراغات الضيقة المغلقة دون جراحة، قد تسمح بتطبيقات في المصانع الدقيقة، مثل تركيب سقالات الأنسجة بواسطة التجميع الآليّ، وفي الهندسة الحيوية، مثل المعالجة أحادية الخلية، والاستشعار الحيويّ، وفي الرعاية الصحية، مثل إعطاء الأدوية المستهدفة، أو الجراحة البسيطة، لكنّ الروبوتات صغيرة الحجم الموجودة حاليًّا محدودة الحركة، لأنها غير قادرة على التغلب على العراقيل والتغيّرات في التركيب، أو المادة في البيئات غير المنتظمة.

مِن بين هذه الروبوتات صغيرة الحجم، تتمتع الأنواع الرخوة بإمكانية أكبر للوصول إلى تحرُّك عال من خلال الحركة متعددة الأنماط، وذلك لأنّ هذه الآلات تتمتع بدرجات حرية أعلى من نظيراتها الصلبة. يقدّم الباحثون في هذا البحث روبوتات رخوة، مغناطيسية، لينة، ملِّيمترية الحجم، يمكنها السباحة داخل السوائل وفوق سطحها، وتَسَلُّق السطوح الهلالية السائلة، والتدحرج والسير فوق السطوح الصلبة، والقفز فوق العقبات، والزحف عبر الأنفاق الضيقة. ويمكن للروبوتات المقترَحة الانتقال على نحو قابل للانعكاس بين المناطق السائلة والصلبة المختلفة، بالإضافة إلى التبديل بين أنماط الحركة. وإضافة إلى ذلك، يمكن لهذه الروبوتات تنفيذ مهام الالتقاط والنقل، ومهام إطلاق الحمولات. ويقدّم الباحثون أيضًا نماذج نظرية؛ لشرح كيفية تحرُّك الروبوتات. وشأنها شأن الروبوتات كبيرة الحجم، التي يمكن استخدامها لدراسة الحركة، يمكن استخدام هذه الروبوتات الرخوة صغيرة الحجم لدراسة حركة الأجسام الرخوة، التي تقوم بها الكائنات الصغيرة.

W. Hu *et al.*

doi:10.1038/nature25443

الإيكولوجيا الميكروبية

العثور على مُفترِس ميكروبي في المحيط

يُعْتَقَدُ أن الفيروسات الأكثر انتشارًا على كوكب الأرض هي تلك المحتوية على حمض نووي مزدوج الجديلة (dsDNA)، وتصيب البكتيريا بالعدوى، إلا أن تلك الفيروسات البكتيرية ذات الذيل (*Caudovirales*)، التي تهيمن على مجموعات عينات دراسة التسلسل والمزارع المختبرية، لا تعبر عن تنوع الفيروسات الموجود في البيئة، بل إن الفيروسات التي ليس لها ذيل عادة ما تكون سائدة من حيث العدد في عيِّنات المحيط، ما يثير التساؤل الجوهري بشأن طبيعة هذه الفيروسات.

في البحث المنشور، يصف الباحثون مجموعة من الفيروسات البحريّة ذات الحمض النووي مزدوج الجديلة، التي ليس لها ذيل، وتحمل جينومات قصيرة، يبلغ طولها 10 كيلو قاعدة، تم عزلها في أثناء دراسة أُجريت للتعرف كميًّا على مقدار تنوّع الفيروسات التي تصيب بكتيريا Vibrionaceae. هذه الفيروسات - التي يَقترِح الباحثون تسميتها *Autolykiviridae* - تمثِّل عائلة جديدة ضمن السلالة القديمة من الفيروسات المُغَلَّفة بطبقة مزدوجة من بروتين جيلاتيني (تُسمى اختصارًا DJR). ومن الناحية البيئية، لدى الفيروسات *Autolykiviridae* مجموعة كبيرة من العوائل المختلفة، حيث تقتل في المتوسط 34 عائلًا في أربعة أنواع من بكتيريا *Vibrio*، على عكس الفيروسات ذات الذيل، التي تقتل في المتوسط عائلين فقط من نوع واحد. وكشف التوصيف الكيميائيّ الحيوي والفيزيائي للفيروسات من هذا النوع (autolykiviruses) عن عدة سمات للفيروسات المُعْدِية، من شأنها أن تُعرِّض الفيروسات ذات طبقة البروتين الجيلاتيني المزدوجة للفقدان النظامي في دراسات وضْع التسلسل، والدراسات المبنية على المزارع المختبرية. كما يصف الباحثون بعض التعديلات البسيطة في الإجراءات؛ من أجل استرجاعها.

وقد تعرَّف الباحثون على فيروسات من النوع ذي الطبقة الجيلاتينيّة المزدوجة في جينومات عدة شُعَبٍ رئيسة متنوعة من البكتيريا والجراثيم العتيقة، وفي الجينومات البيئية الموجودة في العمود المائي البحري، وفي الرواسب البحرية؛ ووجدوا أن تنوعها يفوق بكثير التنوّع المُلاحَظ حاليًّا في العائلات الثلاث المتعارف عليها من هذه الفيروسات.

وبشكلٍ عام، تشير هذه البيانات إلى أن فيروسات السلالة ذات الحمض النووي مزدوج الجديلة والطبقة الجيلاتينية المزدوجة التي ليس لها ذيل هي من المفترسات المهمة، لكنْ غير الملحوظة عادة للبكتيريا والجراثيم العتيقة، وتَفْرِض أنماطًا من الافتراس ونَقْل الجينات على الأنظمة الميكروبيّة مختلفة تمامًا عن أنماط الفيروسات ذات الذيل، التي تشكِّل أساس جميع النماذج البيئيّة الممثلة للتفاعلات بين البكتيريا والفيروسات.

K. Kauffman *et al.*

doi:10.1038/nature25474

فسيولوجيا الحيوان

القوة مقابل الرشاقة في سباق تسلح الحيوانات

تتواجد الحيوانات البرية الأسرع والأكثر قدرة على المناورة في موائل السافانا، حيث تطارِد الحيوانات المفترِسة الفرائس الهاربة، وتمسك بها. ونواتج الصيد، ونسبة نجاحه أمران أساسيان ومهمّان للبقاء، ولذا يتعين على كل من المفترِس والفريسة أن يتطورا ليصبحا أسرع أو أكثر قدرة على المناوَرة، أو الاثنين معًا.

في البحث المنشور، يقارن الباحثون الخصائص الحركية لاثنين

من أزواج المفترِسات والفرائس المتعاقبة، هما: الأسد والحمار الوحشي، والفهد وحيوان الإمبالا؛ وذلك في موائلهم الطبيعية في السافانا في بوتسوانا. ويُظهرون أنه رغم أن الفهود وحيوانات الإمبالا كانت - بشكل عام - رياضية أكثر من الأسود والحمير الوحشية من حيث السرعة، والتسارع، والقدرة على الالتفاف، تميزت المفترِسات في كل زوج بقوة أعلى في الألياف العضلية الخاصة بها بنسبة 20% منها لدى الفريسة، ومعدل تسارع أكبر بنسبة 37%، وقدرة أكبر على التباطؤ بنسبة 72%، مقارنة بفريستها.

وعمد الباحثون إلى محاكاة ديناميكيات الصيد باستعمال هذه البيانات، وأظهروا أن الصيد عند سرعات أقل يمكّن الفرائس من استخدام أقصى قدراتها على المناورة، ويرجِّح بقاءها، وأن المفترِس يحتاج إلى أن يكون رياضيًّا أكثر من فريسته؛ كي يحافظ على معدل نجاح جيد ومستمر.

A. Wilson *et al*.

doi:10.1038/nature25479

علم المادة

مواد بنائية عالية الأداء من كُتَل الخشب

تعاني المواد البنائية الصناعية ذات الأداء الميكانيكيّ الاستثنائيّ إمّا من الوزن الثقيل والآثار البيئية السلبية (على سبيل المثال، الفولاذ، والسبائك)، أو عمليات التصنيع المعقدة؛ وبالتالي عالية التكلفة (على سبيل المثال، مركّبات البوليمر، ومركّبات المحاكاة الأحيائية).

أمّا الخشب الطبيعيّ، فهو مادة منخفضة التكلفة، ومتوفرة بكثرة في الأرض، وأُستخدِمت لآلاف السنين كمادة بنائية لإنشاء المباني وتصنيع الأثاث، لكن الأداء الميكانيكيّ للخشب الطبيعيّ (أي قوته وصلابته) غير كافٍ للعديد من البنى والتطبيقات الهندسية المتطورة.

وقد أدّت المعالجة المسبقة باستخدام البخار، أو الحرارة، أو النشادر، أو الدرفلة على البارد، ويتبعها التكثيف، إلى تحسين الأداء الميكانيكيّ للخشب الطبيعيّ. لكنّ الطرق الموجودة تؤدي إلى تكثيف غير مكتمل، وأبعاد غير ثابتة، لا سيما في البيئات الرطبة. والخشب المعالَج بهذه الطرق يمكن أن يتمدد، ويضعف.

يقدِّم الباحثون في هذا البحث استراتيجية بسيطة وفعّالة، لتحويل الكتل الكبيرة من الخشب الطبيعيّ مباشرة إلى مواد بنائية عالية الأداء، بزيادة أكثر من عشرة أضعاف في القوة، والصلابة، والمقاوَمة البالستية، ومستوى ثبات أعلى للأبعاد. تتضمن العملية المكوَّنة من خطوتين، التي يقدمها الباحثون، الإزالة الجزئية للَّجْنين، والهيميسليلوز من الخشب الطبيعيّ، من خلال عملية غليان في خليط مائيّ مكوَّن من هيدروكسيد الصوديوم NaOH، وكبريتيت الصوديوم Na_2SO_3، يتبّعها كَبْس ساخن؛ ما يؤدي إلى الانهيار التام للجدران الخلوية، والتكثيف الكامل للخشب الطبيعيّ مع ألياف نانوية سليلوزية على درجة عالية من المحاذاة. وقد ثبتت فعالية هذه الاستراتيجية مع أنواع متنوعة من الخشب. ويتمتع الخشب المعالَج الذي يقدمه الباحثون بقوة نوعية أعلى من معظم المعادن والسبائك البنائية؛ ما يجعله بديلًا منخفض التكلفة، وعالي الأداء، وخفيف الوزن.

J. Song *et al*.

doi:10.1038/nature25476

فيزياء شمسية

السر وراء التوهج الشمسي

التوهجات الشمسية هي ظواهر إكليلية مذهلة تبعث كمية كبيرة من الطاقة. وتُصنَّف إما كانفجارية، أو محصورة، تبعًا لما إذا كانت مرتبطة بانبعاث كتليّ إكليليّ، أم لا.

وقد تم إعداد نوعين من النماذج لتحديد الآلية المتسببة في التوهجات المحصورة، إلا أنه لم يكن من الممكن حتى الآن الفصل بينها، نتيجة لعدم القدرة على تحديد المجال المغناطيسيّ الكامن في منبعها بالدقة المطلوبة. في النوع الأول من النماذج، ترتبط الآلية المتسببة في التوهج بالتعقيد الطوبولوجيّ لِبِنْية الوهج، ما يعني وجود سطوح مغناطيسية فريدة. وتدعم هذا التصور أرصاد توضح أن الانبعاث الإشعاعي يحدث بالقرب من هذه الخصائص في العديد من المناطق المتوهجة. أما النوع الثاني من النماذج، فيميِّز دورًا رئيسيًا لتكوُّن حَبْل فَيْض ملتوٍ، يصبح غير مستقر. وتدعم صحة هذا التصور عمليات محاكاة، وتفسيرات لبعض الأرصاد، وتجارب مختبرية.

يقدِّم الباحثون في هذا البحث نمذجة لحدث محصور، تَستخدِم المجال المغناطيسيّ لطبقة الفوتوسفير المُقاس كمُدخَل. استخدم الباحثون في البداية نموذجًا ثابتًا؛ لحساب الحالة المغناطيسية بطيئة التطور في الإكليل قبل التوهج، ثم استخدموا نموذجًا ديناميكيًّا؛ لتحديد التطور خلال التوهج نفسه. ووجد الباحثون أنه لا بد من وجود حَبْل فَيْض مغناطيسيّ خلال الحدث بأكمله؛ لمطابقة قياسات المجال. ويتطور هذا الحبل ببطء، قبل أن يتشبع ويتوهج فجأة. وتكون طاقته غير كافية لاختراق المجال الذي يعلوه، الذي تُكوِّن خطوطه قفصًا محاصِرًا، لكنّ التواءه يكون كبيرًا بما يكفي لتحفيز عدم استقرارٍ التوائيّ يؤدي إلى التوهج المحصور، على النحو المقترَح سابقًا.

إنّ الطوبولوجيا ليست السبب الأساسيّ للتوهج، لكنها تكشف عن مواقع انبعاث الأشعة السينية. والقفص المغناطيسيّ الأضعف من شأنه إنتاج اندلاع بطاقةٍ أكبر مع انبعاث كتليّ إكليليّ مرتبط بحدّ أعلى متوقَّع للطاقة لمنطقة معينة.

T. Amari *et al*.

doi:10.1038/nature24671

خصائص إلكترونية

سائل كَمِّي ذو تشابك مغزلي على خلية نحل

إنّ الهيكل الشبكي لخلية النحل هو واحد من أبسط البِنَى الشبكية، إلا أن الإلكترونات والحركات المغزلية على هذه الشبكة البسيطة كثيرًا ما تكوِّن أطوارًا غريبة ذات حالات استثارة ليست بسيطة. وقد تنتج فيرميونات "ديراك" عديمة الكتلة من إلكترونات متنقلة، كما ثبت بالتجربة في الجرافين. ويمكن الحصول على سائل طوبولوجي مغزلي كَمِّي بأشباه جسيمات نادرة في مغناطيسات لها مغزلية 2/1، على النحو المقترح نظريًّا في نموذج "كيتايف". والسائل المغزلي الكَمِّي هو حالة غير مألوفة من المادة، طال السعي إليها، تبقى فيها الدورانات المغزلية المتفاعلة مضطربة كميًّا، من دون فقدان التناظر التلقائي.

يصف نموذج "كيتايف" مثالًا للسائل المغزلي الكَمِّي، ويمكن حَلُّه بدقة، عن طريق طرح نوعين من فيرميونات ماجورانا، لكن تحقيق نموذج "كيتايف" في المختبر لا زال يمثل تحديًا أمام علم خواص المادة. وقد تم طرح عوازل من نوع "موط"، لها شبكة خلية نحل بعُزُوم ذات تشابك مغزلي دوري، وشبه مغزلية 2/1، منها النظامان α-Na_2IrO_3، وα-Li_2IrO_3 ذوا إلكترونات *d*5، والنظام α-RuCl3 ذا إلكترونات *d*4. ووُجِد أنه عند درجات حرارة منخفضة بما يكفي، تقوم هذه النظم المقترحة بإحداث ترتيب مغناطيسي، بدلًا من تكوين سائل، ويرجع ذلك إلى التفاعلات التي لا يشملها نموذج "كيتايف".

في البحث المنشور، يعلن الباحثون عن حالة سائل كَمِّي بعزوم لها شبه مغزلية 2/1 في مركّب خلية النحل $H_3LiIr_2O_6$ ذي إلكترونات *d*5. ولا يظهر في أكسيد الإيريديوم هذا أي ترتيب مغناطيسي حتى 0.05 كلفن، رغم أن له طاقة تفاعل تبلغ حوالي 100 كلفن. ويلاحظ الباحثون آثارًا لاستثارات فيرميونية منخفضة الطاقة، تنشأ من عدد صغير من العيوب بالدوران المغزلي في ارتخاء الرنين النووي المغناطيسي والحرارة النوعية. لذلك، يستنتجون أن $H_3LiIr_2O_6$ هو سائل مغزلي كَمِّي؛ وتفتح هذه النتيجة الباب للعثور على أشباه جسيمات نادرة في أكسيد فلز انتقالي ذي إلكترونات *d*5 مترابط بقوة مغزليًّا ودوريًّا.

K. Kitagawa *et al*.

doi:10.1038/nature25482

سلوك الحيوان

الأداء المعرفيّ لطائر العَقعَق الأستراليّ

تنصّ فرضيّة الذكاء الاجتماعيّ على أن متطلبات الحياة الاجتماعية تحفِّز التطور المعرفيّ. وتدعم هذه الفكرة دراسات مقارنة، تربط بين التفاوت في حجم المجموعات أو نظم التزاوج، والاختلافات المعرفية والتشريحية العصبية في الأنواع المختلفة، لكن نتائج هذه الدراسات متناقضة، ومثيرة للخلاف. فلِفَهْم الآثار المعرفية للمخالطة الاجتماعية، من الضروري أيضًا دراسة التفاوت الاجتماعيّ داخل النوع الواحد. ويوضح هذا البحث أنه فيما يخص طيور العَقعَق الأستراليّ البريّة، التي تمارس التنشئة التعاونيّة، تُظهِر الطيور التي تعيش في مجموعات كبيرة مستوى مرتفعًا من الأداء المعرفيّ، وهو ما يرتبط بزيادة النجاح في التكاثر لدى هذه الطيور. وكشفت الدراسة عن وجود ترابط

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

قويّ في أداء الأفراد في أربع مهام معرفية، ما يشير إلى وجود "عامل ذكاء عام" يقوم عليه الأداء المعرفيّ. وأظهرت اختبارات معرفية متكررة ليافعي العَقْعَق في أعمارٍ مختلفة أن الارتباط بين حجم المجموعة، والأداء المعرفيّ ظهر في مرحلة مبكرة من الحياة؛ ما يشير إلى أن العيش في مجموعات أكبر حجمًا يعزز التطوّر المعرفيّ. وإضافة إلى ذلك، اكتشف الباحثون ارتباطًا إيجابيًّا بين أداء الإناث للمهام وثلاثة مؤشرات للنجاح في التكاثر، ما يشير إلى وجود فائدة انتقائية لتحسُّن الأداء المعرفيّ. تقدِّم هذه النتائج مجتمعةً أدلة ضمنية على أن المخالطة الاجتماعية يمكن أن تشكِّل النمو والتطور المعرفي.

B. Ashton *et al.*

doi:10.1038/nature25503

فيزياء الغلاف المغناطيسي

شفق قطبي نابض

تنتج العواصف التحتية الشفقية - وهي ظواهر ديناميكية تحدث في الغلاف الجوي العلوي أثناء الليل - عن عملية إعادة تشكيل شاملة للغلاف المغناطيسي، تُطْلِق طاقة الرياح الشمسية المخزَّنة. تتميز هذه العواصف بسطوع شفقي، من الغسق، حتى منتصف الليل، تتبعه حركات عنيفة لأقواس شفقية مميزة تنفصل فجأة، ثم بزوغ لاحق لرقع شفقية نابضة متشتتة عند الفجر. تظهر أضواء الشفق القطبي النابضة، وهي رقع وامضة من الضوء، شبه دورية، يتراوح عرضها بين عشرات ومئات الكيلومترات، عند ارتفاعات تبلغ حوالي 100 كيلومتر في مناطق دوائر العرض العليا في نصفي الكرة الأرضية، وعادةً ما تغطي رقعٌ متعددة السماءَ كلها.

يتولد هذا النبض الشفقي، الذي تتراوح دورته الزمنية بين بضع ثوان، وعشرات الثواني، نتيجة الترسيب المتقطع للإلكترونات النشيطة (تتراوح طاقتها بين بضعة آلاف فولت إلكتروني، وعشرات الآلاف منه) التي تأتي من الغلاف المغناطيسي، وتتصادم مع ذرات وجزيئات الغلاف الجوي العلوي. أحد الأسباب المحتملة لهذا الترسيب هو التفاعل بين إلكترونات الغلاف المغناطيسي، والموجات الكهرومغناطيسية، التي يُطلق عليها موجات جوقية صافرة النمط، لكنْ لم يتم الحصول حتى الآن على أي أدلة رصدية مباشرة على هذا التفاعل.

في البحث المنشور، يعلن الباحثون أن الإلكترونات النشيطة تتشتت بفعل موجات جوقية، ما يؤدي إلى ترسبها. وقد توصلوا إلى ما رصدوه في مارس من عام 2017، عن طريق مركبة فضائية في الغلاف المغناطيسي، مزودة بجهاز استشعار إلكتروني، ذي استبانة زاويّة عالية، بالإضافة إلى أجهزة المجال الكهرومغناطيسي. وكان تدفق الإلكترونات المترسبة شبه الدوري المقاس كثيفًا بما يكفي لتوليد شفق نابض، تم رصده فعليًّا بالتزامن مع ذلك، عن طريق مصور شفقي أرضي.

S. Kasahara *et al.*

doi:10.1038/nature25505

علم الأحياء التطوري

جينوم سمندل المكسيك

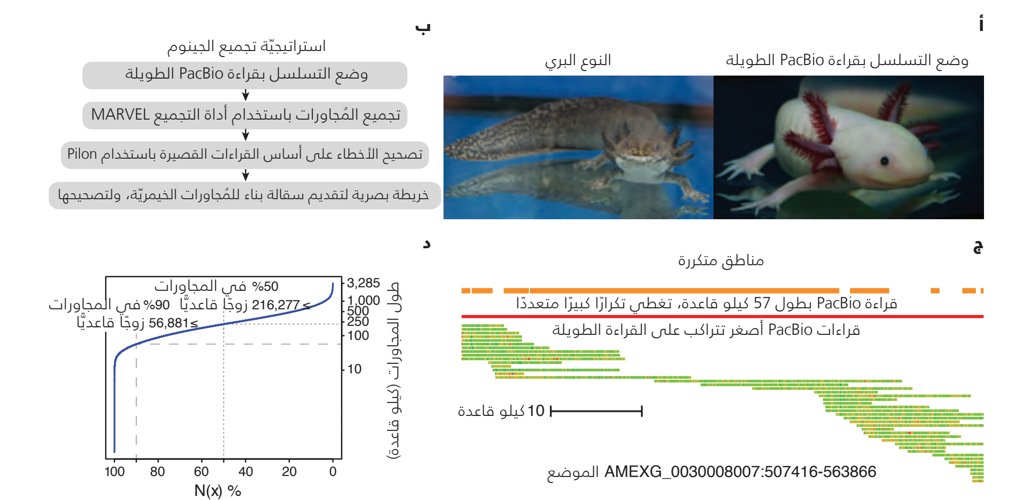
تُعَدّ حيوانات السمندل نماذج مهمة لرباعيّات الأرجل، تُستخدم في دراسات النموّ، والتجدد، والتطور. يحتوي سمندل المكسيك (*Ambystoma mexicanum*) على مجموعة أدواتٍ جزيئيّة كبيرة تجعله أحد أهمّ أنواع السمندل النموذجية بالنسبة إلى الدراسات الجزيئية.

في البحث المنشور، يسجِّل الباحثون تسلسُل وتجمُّع جينوم سمندل المكسيك، البالغ طوله 32 جيجا زوج قاعدي، باستخدام مقارَبة جَمَعَت بين تقنيات وضع التسلسل الطويل، ورسم الخرائط البصريّة، وتطوير أداة تجميع جينومي جديدة (MARVEL). وقد لاحظوا توسعًا في الحجم في الإنترونات والمناطق بين الجينات، يرجع غالبًا إلى تَضاعُف العناصر الرجعية ذات التكرارات الطرفيّة الطويلة. وهم يقدِّمون أدلة على أن حجم الإنترون في جينات النموّ محدود، وأن ثمّة جينات خاصّة بالنوع، قد يكون لها دور في خاصية تجدُّد الأطراف لدى الحيوان.

لا يحتوي تجمُّع جينوم سمندل المكسيك على جين النمو الأساسي *Pax3*، إلا أن طفرة في جين *Pax7*- الشقيق الوراثي للجين *Pax3* - في سمندل المكسيك قد تسبِّبُ في ظهور نمط ظاهري لسمندل المكسيك، يشبه الأنماط الظاهرة في الفئران ذات الطفرات في الجينين *Pax3*، و*Pax7*. ومن ثم، يقدِّم جينوم سمندل المكسيك موردًا حيويًّا غنيًّا لدراسات النموّ والتطور.

S. Nowoshilow *et al.*

doi:10.1038/nature25458



الشكل أسفله | تقارُب واكتمال تجمُّع جينوم سمندل المكسيك. أ، حيوان .*A* *mexicanum* من النوع البريّ، وسلالة D/D A. mexicanum التي تم وضع تسلسل الجينوم الخاصّ بها. **ب،** تمزج استراتيجيّة التجميع بين تقنيات وضع التسلسل الطويل، وأداةٍ جديدة للتجميع (MARVEL)، وتقنيات تصحيح الخطأ، وإنشاء سقالة للبناء عليها. **ج،** قراءة PacBio بطول 57,385 زوجًا قاعديًّا (الخط الأحمر)، تمثل قياس منطقة كبيرة متكررة (يظهر التكرار باللون البرتقالي، وأطول تكرار يبلغ 34 كيلو قاعدة). وهذه القراءة – مع القراءات الأخرى الطويلة، التي تظهر هنا تحت قراءة PacBio الطويلة - تسمح بتجميع الموضع (الألوان من الأخضر إلى الأحمر تشير إلى جودة الترتيب؛ بينما أُزيلت ترتيبات القراءات الناجمة عن التكرار التي تنتمي إلى مواضع أخرى). **د،** مخطط N(x) يُظْهِر النسبة المئوية للجينوم (على المحور x)، الذي يتكوّن من مُجاورات، عددها x على الأقل.

تشريح الدماغ

أطلس جزيئي لخلايا للأوعية الدموية الدماغية

إن المرض الدماغي الوعائي هو ثالث أكثر أسباب الوفاة انتشارًا في الدول المتقدمة، إلا أن ما نعرفه عن الخلايا المكوِّنة للأوعية الدمويّة في الدماغ ما زال محدودًا.

وفي البحث المنشور، قام الباحثون - من خلال علم ترانسكريبتوم الخلايا المفردة الوعائية - بتقديم تعريفات جزيئية للأنواع الرئيسة من خلايا الأوعية الدموية، والخلايا المرتبطة بالأوعية في دماغ الفأر البالغ. وكَشَف الباحثون الأساس النسخي للتغير التدريجي في النمط الظاهري (التقسيم إلى مناطق) على طول المحور الشرياني الوريدي، وكشفوا اختلافات غير متوقعة بين أنواع الخلايا، تمثلت في تسلسُل متصل في الخلايا البِطانية، مقابل تسلسل متقطع في الخلايا الجدارية. وقدَّم الباحثون أيضًا رؤية خاصة حول النمو عضويّ النمط للخلايا الحوطية، وحددوا مجموعة من الخلايا المحيطة بالأوعية، التي تشبه الخلايا الليفية، وموجودة على جميع أنواع الأوعية، عدا الشعيرات.

يوضِّح هذا البحث قدرة دراسات ترانسكريبتوم الخلايا المفردة على فك رموز الأسس التنظيميّة العليا للأنسجة، وقد يكتب الفصل الأول في موسوعة جزيئية للأوعية الدموية لدى الثدييات.

M. Vanlandewijck *et al.*

doi:10.1038/nature25739



رائدة العلوم في العالم العربي

متاحةٌ الآن للجميع ..

In print

Twitter

Facebook

YouTube

Nature Podcast

arabicedition.nature.com

tumblr.com

Mobile App

لقد كانت مهمتنا دومًا إيجاد سُبُل جديدة ومبتكرة لمشارَكة أحدث الاكتشافات في مجال العلوم، وتطوير النقاش بين المجتمع العلمي العالمي. وتُعَدّ دوريّة ***Nature*** الطبعة العربية بمنزلة مُنْتَدَاك الخاص لقراءة أحدث الأبحاث، ومشاهدتها، والاستماع إليها، والمشاركة فيها.




















SPRINGER NATURE

صندوق الأدوات

مستقبل رسوم البيانات العلمية

أدوات جديدة لإنتاج أشكال وبرمجيات تفاعلية، من شأنها أن تسهِّل الوصول إلى البيانات العلمية، وإمكانية تكرارها.

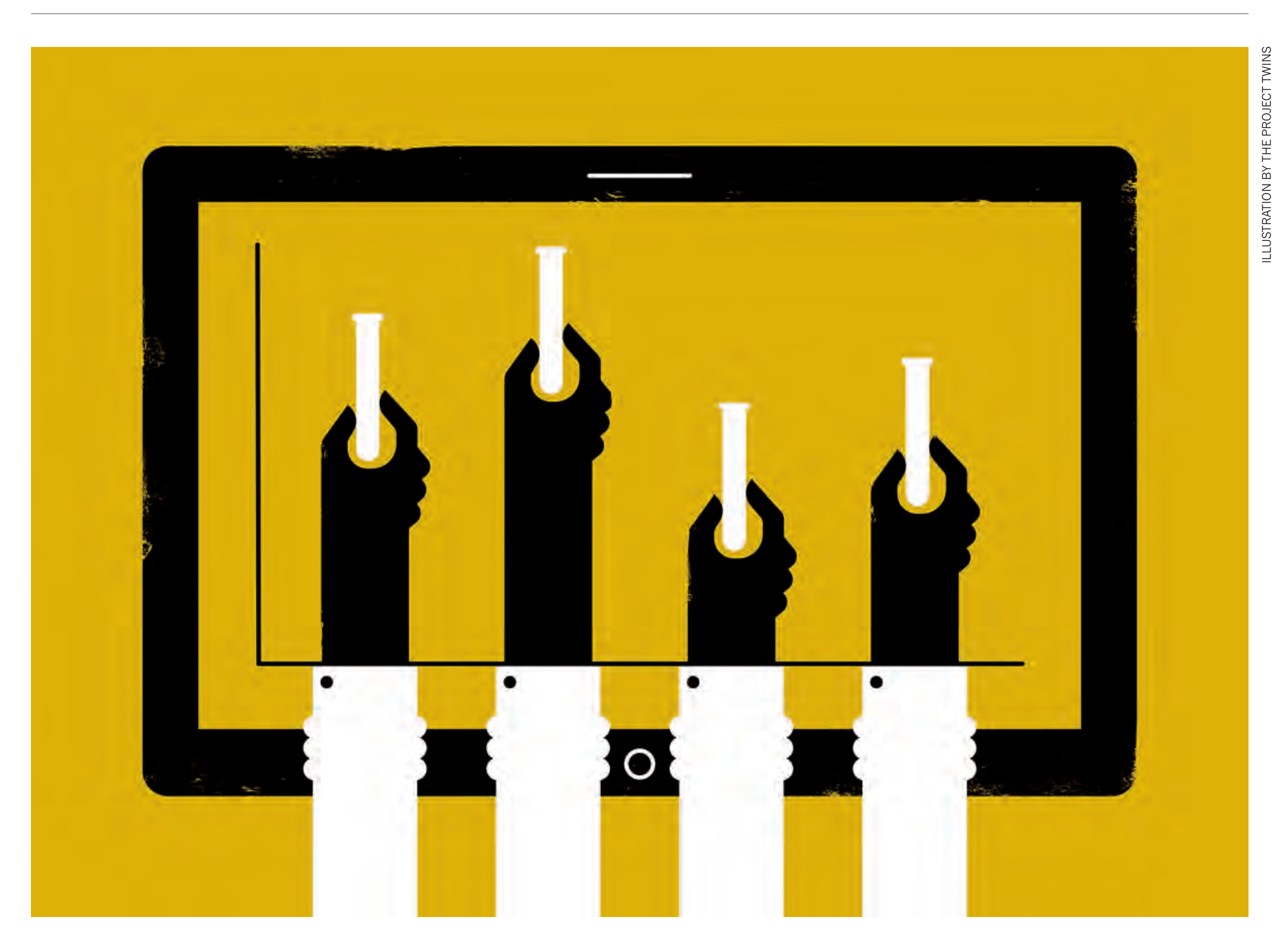


ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

جيفري إم. بيركل

مع بدء بنيامين ديلوري ورقته البحثية لتوثيق طريقة جديدة لقياس مورفولوجيا النبات، أدرك أن أحد الرسوم في البحث قد يسبِّب مشكلة. يطرح البحث "شفرة تعريفية للاستمرارية"؛ لوصف الهيكل المتفرع الخاص بأنظمة جذور النباتات[1]، وكانت الصعوبة تكمن في كيفية توضيح ذلك بالصور.

يقول ديلوري - الباحث في مرحلة ما بعد الدكتوراة بـجامعة ليوفانا في لونبورج بألمانيا - إن الخوارزمية الخاصة بالشفرة التعريفية تلك "تتسم بالاستمرار والديناميكية".

ويضيف قائلًا: "أفضل طريقة لتمثيل شيء ديناميكي هي إظهاره بصورة متحركة".

عادةً ما تُقدَّم الرسوم البيانية العلمية على هيئة صور ثابتة، إلا أنها تكون بمعزل عن البيانات الأساسية التي تمثلها، ما يحرم القراء من استكشافها بمزيد من التفصيل، عن طريق – مثلًا - تقريب الصورة للنظر بإمعان في ما يهمّهم. وبالنسبة إلى علماء الجينوم، الذين يحتاجون إلى تكريس الملايين من نقاط البيانات في رسوم مكثفة، لا يتعدى حجمها بضع سنتيمترات، فإن ذلك قد يمثل مشكلة.

وينطبق الأمر ذاته على الباحثين الذين يتعاملون مع الخوارزميات الحاسوبية. ينشر العلماء - في كثير من الأحيان - البرمجيات على مستودعات مفتوحة المصدر، مثل موقع "جيت هاب" GitHub، غير أن الحصول على الكود المطلوب للتشغيل الصحيح ليس سهلًا، بعكس ما يبدو. ففي الغالب، يحتاج المراجعون وغيرهم من الجهات المعنية برمجيات وإعدادات إضافية؛ لجعل الخوارزميات تعمل.

والآن، يعمل بعض الدوريات العلمية على سد هذه الفجوة، من خلال دعم الرسوم والأكواد التفاعلية. ومن هذه الدوريات "إف. وان ثاوزاند ريسيرش" *F1000Research*، التي عقدت مشاركة في العام الماضي مع شركة «بلوتلي» ◄

◀ Plotly للحوسبة في مونتريال في كندا، ومنصة "كود أوشن" Code Ocean في مدينة نيويورك. ونظرًا إلى هذه القدرات، إلى جانب إمكانية الوصول المفتوح التي تتيحها دورية *F1000Research*، أرسل ديلوري ومعاونوه بحثهم إليها؛ ونُشر البحث في شهر يناير الماضي[1].

النشر التفاعلي

تنتشر الرسوم التفاعلية التي تتيح للقراء التعمق في البيانات الأساسية للموضوع على مواقع عدة، مثل موقع جريدة نيويورك تايمز وfivethirtyeight.com؛ إلا أنها أقل شيوعًا في مجال النشر العلمي.

يقول توماس إنجراهام - وهو محرر أول للنشر - إن "الرسوم الحية" في دورية *F1000Research* - وهي بمثابة مخططات تفاعلية، طُرحت لأول مرة في عام 2014، ويمكن تحديثها باستمرار ببيانات جديدة - قد تَطَلَّب إنتاجها مجهودًا كبيرًا، وهي غير قابلة للتطويع. أما شركة «بلوتلي»، فتسمح للمستخدمين إنشاء رسومهم ومشاركتها، بدءًا من المخططات النقطية، والرسوم البيانية الخطية، وانتهاء بالمخططات، والخرائط الكنتورية. وتتيح الصور الناتجة للمستخدمين تقريب الصورة للنظر في تفاصيل البيانات، وكذلك المرور عبر الصور، ومَسْحها، وتحريك الفأرة فوق النقاط؛ لرؤية القيم المُمثَّلة في الرسم. وتبدأ اشتراكات الطلاب بمبلغ 59 دولارًا أمريكيًّا في السنة، كما تتيح المكتبات مفتوحة المصدر للباحثين إنشاء رسوم «بلوتلي» تلك مجانًا باستخدام أكواد بلغات "آر" R، و"ماتلاب" MATLAB، و"بايثون" Python، و"جوليا" Julia.

أما منصة "كود أوشن"، فهي متاحة مجانًا للأكاديميين، لاستخدامها لمدة 10 ساعات حوسبة كل شهر، مع مساحة تخزين 50 جيجابايت؛ وتبدأ الباقات المدفوعة من 19 دولارًا في الشهر. تجمع المنصة الأكواد، والبيانات، والنتائج، والبيئة الحوسبية التي تُستخدم لإنشاء ذلك كله، في "كبسولة حاسوبية" مستقلة بذاتها، تمثل التكوين الحاسوبي الخاص بالمستخدم المعد. ويستطيع المستخدمون الآخرون تنزيل الكود، وتعديله، وتشغيله، إمّا من خلال موقع codeocean.com، أو عبر إحدى عناصر التحكم في واجهة المستخدم Widget (المعروفة بين المبرمجين باسم "الودجات") الموجودة في الورقة البحثية.

وحتى هذه اللحظة، نشرت دورية *F1000Research* ست ورقات بحثية، تتضمن رسومًا بيانية حية من نوع "بلوتلي"، وخمس ورقات باستخدام عناصر تحكم تخص منصة "كود أوشن". وهي تعتزم في هذا العام إضافة دعم لخرائط تفاعلية توضح التفاعلات بين البروتينات وبعضها، التي يتم إنتاجها باستخدام أداة رسم الخرائط الشبكية "سايتوسكيب" Cytoscape.

ويجب ألا يمتعض الباحثون من التعقيد المتصوَّر للأمر. فحسبما يقول عالِم الأحياء الحاسوبية شيجين جي – من جامعة ولاية ساوث داكوتا في بروكينجز - الذي أدرج رسومًا تفاعلية من نوع "بلوتلي" في إحدى أوراقه البحثية[2]، فإن إنشاء تلك الرسوم يتطلب سطرًا واحدًا إضافيًّا فقط من الأكواد لكل منها. وقد أنشأ توم ديكارلو - الباحث في علوم الشعاب المرجانية بمعهد المحيطات وكلية علوم الأرض في جامعة غرب أستراليا في كراولي، ستة مشروعات على منصة "كود أوشن" لعدة دوريات، منها دورية «باليوشينوجرافي آند باليوكليماتولوجي» *Paleoceanography and Paleoclimatology*، ودورية «بايوجيوساينسز» *Biogeosciences*. ويقول: "رأيت أن ذلك له أهمية كبيرة في التواصل العلمي، وقابلية تكرار النتائج".

حلول مفتوحة المصدر

بالنسبة إلى الباحثين عن بدائل حاسوبية مفتوحة المصدر، يمكن لأداة تُعرف باسم "بايندر" Binder تحويل أي مستودع عام على موقع "جيت هاب" يحتوي على دفتر من نوع "جوبيتر" Jupyter (وهي مستندات تمزج النصوص والأكواد والبيانات)، أو كود بلغة "آر"، إلى حزمة يستطيع المستخدمون تشغيلها من المتصفح الخاص بهم. وكلّ ما يلزم المستخدِم أن يُدخِل عنوان مستودع الدفتر في شريط البحث على موقع mybinder.org؛ فيقوم البرنامج بإنشاء مساحة عمل تفاعلية قابلة للمشاركة. وتقول كارول ويلينج، وهي عضو في فريق مشروع "بايندر" بجامعة ولاية كاليفورنيا للتقنيات المتعددة Cal Poly في سان لويس أوبيسبو: "إنها تساعد حقًّا على قابلية التكرار، وسهولة الاستخدام".

وتسهل هذه الأدوات أيضًا عملية مراجعة الأقران، كما يقول تيم هيد، وهو عضو في فريق مشروع "بايندر" في زيورخ بسويسرا. كان هيد قد شعر بالإحباط، إذ لم يستطع تشغيل البرنامج، عندما طُلبت منه مراجعة بحث بإحدى الدوريات. ويقول: "لو كانوا قد أرسلوا إليّ رابطًا على «بايندر»؛ لكنتُ قد انتهيت منها الآن".

كما أن هناك أيضًا خيارات أخرى مفتوحة المصدر، لإنشاء صور تفاعلية، ومنها "بوكه" Bokeh، وعناصر تحكم "إتش. تي. إم. إل." htmlwidgets، و"بايجيل" pygal، وعناصر تحكم "آي. باي" ipywidgets. يُستخدم معظم هذه الخيارات برمجيًّا في العموم ضمن لغة "آر"، أو لغة "بايثون"، المستخدمتَين عادة في مجال العلوم. بإمكان المبرمجين – على سبيل المثال - استخدام عناصر تحكم "آي. باي"؛ لإسقاط المخططات التفاعلية ثلاثية الأبعاد، وكذا الخرائط والتصورات الجزيئية، في دفاتر "جوبيتر". كما أن هناك خيارًا آخر بلغة "جافا سكريبت" JavaScript، هو "فيجا لايت" Vega-Lite. ولأن هذه اللغة أقل انتشارًا في مجال العلوم، طَوَّر براين جرانجر بجامعة ولاية كاليفورنيا للتقنيات المتعددة، وجيك فاندربلاس بجامعة واشنطن في سياتل، واجهة بينية بلغة "بايثون"، اسمها "ألتير" Altair؛ لتسهيل الوصول إلى "فيجا لايت".

"إنها تساعد حقًّا على قابلية التكرار، وسهولة الاستخدام".

ورغم أن معظم هذه الأدوات يوفر دالّات لأنواع محددة من الرسوم البيانية، إلا أن "فيجا لايت" و"ألتير" هما بمثابة "قاعدتين" مرنتين، تصفان - على سبيل المثال - كيف تُرسم المتغيرات بسمات بصرية مختلفة، مثل اللون، أو الشكل. كما تتيحان الربط بين الرسوم البيانية وبعضها، حتى إنه عندما يحدد المستخدمون منطقة لرسم واحد، يجري تحديث شاشات الرسوم المجاورة تلقائيًّا. يقول جيفري هير، وهو متخصص في علوم الحاسب الآلي في جامعة واشنطن، وكان مختبره هو الذي طَوَّر "فيجا لايت": "هي في الواقع تتيح لنا استكشاف الروابط بشكل متعدد الأبعاد".

وهناك منتَجان آخران يسمحان للباحثين بإنشاء تطبيقات تفاعلية، تَستخدِم عناصر تحكم مثل القوائم المنسدلة، وعناصر التحكم المنزلقة؛ لإدماج البيانات، والرسوم، والأكواد، هما: "شايني" Shiny من تصميم "آر ستوديو" RStudio في بوسطن بولاية ماساتشوستس للغة "آر"، و"داش" Dash من تصميم شركة «بلوتلي» للغة "بايثون". وتعمل تلك المنتجات عن طريق نقل ما يقوم به المستخدِم بعناصر التحكم إلى خادم بعيد، يقوم بتشغيل الأكوادن ويحدِّث الصفحة.

قد تؤدي التطبيقات الناتجة إلى جعل البيانات والأدوات متاحة للباحثين الذين تزعجهم البرمجة. فعلى سبيل المثال، عمل طالب الدراسات العليا تال جاليلي مع زملائه بجامعة تل أبيب على تطوير صندوق أدوات مبنيّ على خدمات "بلوتلي"؛ لإنشاء خرائط حرارية تفاعلية من مجموعات البيانات المحمّلة، فضلًا عن واجهة بينية بتطبيق "شايني"، تشغِّل الأكواد من وراء الكواليس. كما قامت ماين سيتنكايا روندل - وهي خبيرة في الإحصاء بجامعة ديوك في دورهام بولاية نورث كارولينا - بإنشاء موارد بتطبيق "شايني" للمساقات الدراسية الجامعية لمادة الإحصاء؛ لمساعدتها على توضيح المفاهيم الصعبة خلال المحاضرات.

وتقول سيتنكايا روندل: "إنه لمِن اللطيف أن نمسك بذلك، ونقول: حسنًا، الآن بعد أن قدمنا هذا الشيء، ما الذي سيحدث عندما نتحرك بين عناصر التحكم المختلفة؟"

إنّ نَشْر هذه الجموع المدمجة على المواقع الإلكترونية للدوريات يتطلب إجراء تغييرات في أدوات الكتابة، وسير العمل التحريري فيها، وكذلك البنية التحتية. وقد ينطوي ذلك أيضًا على إسناد بيانات علمية إلى جهات خارجية، لا يمكنها ضمان استمراريتها على الدوام.

وللإسهام في التعامل مع الأمر، يهدف مشروع جمع المستندات القابلة للتكرار - الخاص بشركة النشر «إي لايف» *eLife*، التي تتبنى نهج الوصول المفتوح - إلى إنتاج مجموعة أدوات شاملة؛ من أجل كتابة مستندات تتسم بقابليتها للتكرار حاسوبيًّا، وتقديمها، ونشرها، كما يقول جوليانو ماكيوتشي، الذي يقود عمليات تطوير المنتجات في شركة «إي لايف». ويقول إن الخطة هي أن يتم تجميع العديد من "الروائع" العلمية الأساسية التي تتضمنها إحدى الأوراق البحثية – وتشمل نصوصها، ورسومها، وأكوادها، وبياناتها، وبيئتها الحوسبية - في كيان واحد يمكن تنزيله. وللتشجيع على ذلك، جعلت الدورية مجموعات المستندات تلك مفتوحة المصدر.

إحراز تقدُّم

والآن، تدعم عدة دوريات أخرى وناشرون فكرة الدمج بمنصة "كود أوشن"، ومن بينهم دورية «جيجا ساينس» *Gigascience*، وIEEE، وSPIE، ومطبعة جامعة كامبريدج، وشركة «تايلور آند فرانسيس» Taylor & Francis. ويتيح عارض البيانات "جيه. سي. بي. داتا فيوور" JCB DataViewer الخاص بدورية «جورنال أوف سِل بيولوجي» *Journal of Cell Biology*، والمبنيّ على برنامج "أوميرو" OMERO مفتوح المصدر، للقراء استكشاف الصور المجهرية الأصلية، بدلًا من الملفّات المعالَجة المضغوطة التي يرونها عادة. وتقدِّم أداة أخرى ذات صلة - وهي "إيمدج داتا ريسورس" Image Data Resource - وظيفة مماثلة للبحوث المنشورة في أي دورية. وقد نشرت دورية *Nature* أيضًا رسومًا تفاعلية، كما حدث - على سبيل المثال - في ورقة بحثية تصف مشروع "موسوعة عناصر الحمض النووي"[3]. ويقول أحد المتحدثين باسم الدورية إنها تدرس عدة خيارات أخرى للأكواد، والرسوم التفاعلية. وفي الوقت الحالي، وإلى أن يحدث ذلك، كثيرًا ما يدرِج الباحثون في مقالاتهم روابط لرسوم خارجية.

يقول إيريز ليبرمان إيدين من كلية بايلور للطب في هيوستن بولاية تكساس، الذي نشر خرائط تفاعلية توضح تفاعلات الكروماتين في بحث نُشر مؤخرًا بدورية "سِل" *Cell*[4]، إنه مع إقبال دوريات أكثر على فكرة التفاعلية، فإن عرض المعلومات العلمية على شبكة الإنترنت قد يتغير تغيرًا جوهريًّا؛ الأمر الذي يعزز قابلية التكرار. فالرسوم الثابتة لا تعطي سوى وجهة نظر واحدة عن البيانات، ويقول: "إن القراء المطلعين يحتاجون إلى امتلاك القدرة على استخلاص استنتاجاتهم بأنفسهم. وينبغي أن يكون هناك فرق بين قراءة الأوراق البحثية في عام 1974، وقراءتها في 2017". ■

جيفري إم. بيركل محرر التكنولوجيا في دورية *Nature*.

1. Delory, B. M. *et al. F1000Research* **7,** 22 (2018).
2. Jung, D. & Ge, X. *F1000Research* **6,** 1969 (2017).
3. The ENCODE Project Consortium. *Nature* **489,** 57–74 (2012).
4. Rao, S. S. P. *et al. Cell* **171,** 305–320 (2017).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مهن علمية

صحة إيجاد التوازن بين إدارة الأمراض المزمنة والمسيرة المهنية البحثية **ص. 61**

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **arabicedition.nature.com/events**

وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**



HERIOT-WATT UNIVERSITY

عالمة الجيولوجيا ستيفاني زيمس - المصابة بالتصلب المتعدد - تحث الباحثين على الاحتفاظ بنُسَخ من جميع سجلاتهم الطبية، لا سيما عند تنقُّلهم بين الدول.

صحة

العِلْـم والمـرض

كيف تتكيف مع مرض مزمن في أثناء سَعْيك في سبيل مهنة بحثية.

إيميلي سون

كانت جنيفر مانكوف باحثة في منتصف مسيرتها المهنية في عام 2006، حين بدأت تعاني من تعب شديد. تدهورت حالتها خلال العام التالي مع تكرار تعرُّضها لنوبات تشبه الإنفلونزا، وتيبُّس الفك، وفقدان السمع، ومشكلات في الذاكرة وفي التحكم الجيد في الحركة الدقيقة.

في عام 2007، شُخصت حالة مانكوف بأنها إصابة بمرض «لايم»، وهو مرض ينقله القراد، ويصعب علاجه، وذلك بسبب خلافات في المجتمع الطبي حول كيفية اختبار المرض، وتشخيصه، وعلاجه. وقد عانت مانكوف من أجل إيجاد حلول طبية، بيد أنها واصلت نشر البحوث في الدوريات، كما واصلت التدريس، والحصول على مِنَح ووظيفة دائمة، إلا أنها استغرقت وقتًا طويلًا لتتأقلم مع قدراتها البدنية المحدودة.

تقول مانكوف: "إن الصورة التي كنتُ أراها لما يمكن - أو ينبغي- أن أكون عليه لم تتطابق مع واقع قدرتي على الإنتاج، وتنتابني مشاعر مختلطة، ما بين الإحباط، والاعتزاز بما أنجزته". واليوم، وبصفتها أستاذة بجامعة واشنطن في سياتل، ضمن منحة مقدَّمة، فإنها تدرُس التفاعلات بين الإنسان والحاسوب، وكذلك التكنولوجيا التي يمكن الوصول إليها، بالنسبة إلى أصحاب الأمراض المزمنة، أو ذوي الاحتياجات الخاصة.

تُعَدّ مانكوف واحدة من علماء كُثْر في ربوع العالم يواجهون صعوبات عاطفية وعملية في عملهم، بسبب حالاتهم الصحية طويلة الأمد، أو المتكررة. فعملُ العلماء قد يكون مرهقًا بدنيًّا وذهنيًّا، سواء في المختبر، أم على أرض الواقع، بل قد يكون الأمر أكثر صعوبة بالنسبة إلى الذين يعانون من قدرات بدنية محدودة، وقد يحتاجون إلى فترات راحة إضافية، أو إجازات من العمل.

وقد يخشى الباحثون الذين يعانون من أمراض مزمنة - لكنْ غير ميؤوس منها - من التحيز ضدهم، وازدرائهم (انظر: «اعرف حقوقك» للاطلاع على موجز بالضمانات التي يكفلها لك القانون)، إذا غادروا العمل مبكرًا، أو طلبوا مساعدة إضافية. وهذا ينطبق خاصةً على مَن يعانون من مرض "غير مرئي" للآخرين، مثل التهاب المفاصل، أو السكري.

ويرى بعض أصحاب الأمراض المزمنة أن الإفصاح الانتقائي عن الحالة قد يساعد على تعزيز التفاهم، وقبول حاجتهم إلى استيعاب التعب البدني أو الضعف، أو السماح بوقت إضافي لهم خارج جدران المختبر. ويضيفون قائلين إنه قد يكون من المفيد أيضًا التركيز على المهام الأكثر ضرورية - مثل استكمال كتابة بحث للنشر - حين تكون قدراتهم وطاقاتهم في أفضل حالاتها. وفي نهاية المطاف، كما يقول العلماء الذين يعانون من أمراض طويلة الأمد، فالنجاح يستلزم المثابرة، كما أن الالتزام بالبرنامج البحثي يوحي إلى الرؤساء والزملاء وإلى آخرين من أصحاب ◄

الأمراض المزمنة أن التشخيص بالمرض يجب ألا يعوق المسار المهني البحثي.

هذا، ولا توجد إحصاءات دقيقة عن عدد العلماء على مستوى العالم الذين يعانون من أمراض مزمنة، أو متلازمات، أو ظروف صحية، أو أمراض. ويُذكر أن تعريفات هذه الكلمات تختلف من دولة لأخرى. وتُقَدِّر المراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها أن قرابة نصف البالغين في الولايات المتحدة يعانون من مرض مزمن واحد على الأقل. ورغم أنها لا تُعرِّف ماهية هذه الأمراض، فإنها ذكرت مرض السكري، والتهاب المفاصل، كمِثالَين. وتُعرِّف منظمة الصحة العالمية الأمراض المزمنة بأنها "طويلة الأمد، وتتحسن ببطء في العموم"؛ وتشمل الأمثلة أمراض القلب والأوعية الدموية، والسرطان، والألم المزمن، والسكري.

مشكلة مهمَلة

تقول كيت سانج، عالمة الاجتماع بجامعة هيريوت وات في إدنبره بالمملكة المتحدة، التي تعمل على دراسة عن المرض والإعاقة في الأوساط الأكاديمية - إن مسألة التوازن بين العمل الأكاديمي ووجود مرض مزمن لم تخضع لدراسات كافية، كما يُساء تقدير وطأة آثارها.

وقد قيل لسانج، التي تعاني من تلف الأعصاب التنكسي في ذراعها، إنها سوف تجد صعوبة في العثور على 10 أو 15 شخصًا للمشاركة في دراستها، إلا أنها منذ بدء الدراسة تواصلت مع أكثر من 70 باحثًا.

وقد صرّح عدد من هؤلاء العلماء في مقابلات أُجريت معهم أن أمراضهم المزمنة تجعل من الصعب عليهم التقدم بما يكفي من طلبات للحصول على المنح، ونَشْر ما يكفي من البحوث للتقدم في مساراتهم المهنية. وأفاد بعض العلماء أنهم قد غيروا مجالات عملهم؛ لتخفيف الأحمال على أبدانهم. كما كان حضور المؤتمرات يمثل صعوبة جسدية بالنسبة إلى كثيرين، حيث قال أولئك الذين يستخدمون كَرَاسٍ متحركة إنهم كثيرًا ما يجدون صعوبة في الوصول إلى قاعات الاجتماعات وغيرها من المرافق، وإنّ إحدى الحالات المشاركة في الدراسة لم تستطع دخول قاعة لإلقاء كلمة كان مقرَّرًا أن تلقيها للحاضرين.

وتَقَدَّم عدد من المشاركين بجزيل الشكر إلى سانج؛ لاستماعها إلى شكاواهم. تقول سانج: "وجدتُ الأمر محزنًا جدًّا أنْ تدرك أن هذه مجموعة من الأشخاص المؤثرين جدًّا، والمتميزين للغاية من الأكاديميين وحمَلة الدكتوراة، ويعانون - رغم ذلك - من شعور بأنه ليس هناك مَن ينصت إليهم في الأوساط الأكاديمية".

إنّ الحصول على تشخيص دقيق قد يكون أمرًا صعب المنال بالنسبة إلى العلماء، الذين عادة ما يحتاجون إلى التنقل من مختبر إلى آخر ومن بلد إلى بلد، ومن ثم، يتعين عليهم البحث باستمرار عن أطباء جدد. على مدى سنين، قيل لستيفاني زيمس - وهي عالمة في مجال الجيولوجيا - إنّ الوخز الذي تشعر به في الأطراف، وضبابية الرؤية لديها، والتعب، وغير ذلك من الأعراض، سببها إمّا تكيس حميد متعدد، أو متلازمة النفق الرسغي، أو مجرد إجهاد. وكانت قد انتقلت من ألمانيا إلى اسكتلندا، ثم إلى إنجلترا، ثم عادت مؤخرًا إلى اسكتلندا، وتعمل في جامعة هيريوت وات، حيث تعرفت على سانج، غير أن المستشفيات لم تكن دائمًا تنقل لها سجلاتها الطبية إلى وجهتها الجديدة. وفي مرحلة ما، فقدتها جميعها، ولم تمنحها الزيارات الوجيزة لأطباء جدد في كل مكان جديد تذهب إليه الوقت الكافي لشرح تاريخ حالتها.

وأخيرًا، أخبرها أحد الأطباء أنها ربما تكون مصابة بمرض التصلب المتعدد، إلا أنها لم تحصل على تشخيص نهائي، إلا بعد مرور عشرة شهور أخرى في خريف عام 2016. وتقول زيمس إنها لم تحصل على أي نصائح بخصوص أماكن تقديم الدعم، أو معلومات إضافية، وجلست تبكي في سيارتها لمدة 15 دقيقة، قبل أن تتمكن من القيادة عائدةً إلى منزلها. تقول: "أعتقد أن متابعتي مع الطبيب نفسه كان من الممكن أن تؤدي إلى فحص حالتي في وقت مبكر عن ذلك". وهي توصي بالاحتفاظ بنسخة من جميع السجلات الطبية، بما في ذلك المراسلات مع مقدمي الخدمات والمستشفيات والمَرافق الأخرى، حتى لو كان ذلك يعني طلبها بموجب قوانين حرية تداوُل المعلومات.

أنْ تقول، أو لا تقول

يعاني عدد كبير من العلماء من مسألة ما إذا كان عليهم الإفصاح عن حالتهم الصحية، أم لا. وإذا كان عليهم فعل ذلك، فما التوقيت المناسب لهذا الفعل، والشخص المناسب للإفصاح له؟ قد يؤثر توقيت ظهور المرض على تلك القرارات؛ فقد تم تشخيص ماديسون سنايدر، وهي طالبة بمرحلة الماجستير في مجال العلوم البيئية، عندما كانت في الثانية من عمرها بالتهاب المفاصل الروماتويدي اليفعي. وفي أثناء دراستها الجامعية، رأت أنه من الأفضل أن تخبر أساتذتها بمرضها مبكرًا؛ لتجنب الاضطرار إلى توضيح الأمر لهم عندما تكون بحاجة إلى المساعدة.

«تحديد الأولويات أمر فائق الأهمية، عندما يكون المرء في حالة متدهورة. وإذا كان الأمر بسيطًا؛ تجاوَزْ عنه».

وقد انتهجت الاستراتيجية ذاتها في عام 2016 في أثناء إجراء مقابلة للحاق بالبرنامج الذي تعمل ضمنه حاليًّا، خلال زيارة استغرقت يومين لجامعة ولاية داكوتا الشمالية في فارجو. علمت سنايدر حينها أنها سيتعين عليها نقل خزانات مياه كبيرة، وتعبئتها، وتصريفها؛ فقالت للمشرف المحتمل لها إنها تعاني من آلام بشكل يومي، حتى إنها في بعض الأيام لا تستطيع المشي؛ فأخبرها المشرف أنه سيحرص على توفير معاونين لمساعدتها في أمر الخزانات. وتقول: "كان الحوار محرجًا، لأنك عندما تنظر إليّ؛ لا ترى بالضرورة أني مصابة بالتهاب المفاصل. لقد كان لطفًا منه أن يرغب في العمل معي. فقد جعلني ذلك أشعر بأنه يثق فيَّ".

إلا أن البعض يفضِّل إخفاء مرضه عن الآخرين؛ خوفًا من الإضرار بمسيرته المهنية. وعن ذلك، تضيف مانكوف قائلة إن هناك خطًّا رفيعًا فاصلًا بين دفاع المرء عن حقوقه، وإعطاء انطباع أنه سيمثل مشكلة، ويحتاج البقاء في الجانب الصحيح من هذا الخط إلى حذر دائم. وحتى هذه اللحظة، لا تخشى مانكوف المطالَبة بأن تكون قاعة التدريس قريبة من مكتبها، أو أن يكون هناك كرسي لتجلس عليه في أثناء إلقائها المحاضرات، لكنها تتردد في طلب موظفين إضافيين، إذ إنها لا تريد الدخول في جدال حول ما إذا كان من المفترَض استقطاع التمويل لذلك من ميزانيتها البحثية، أم لا.

وقد اختارت زيمس الإفصاح عن حالتها للمشرف على عملها، الذي أبدى تعاطفًا معها، وطلب منها أن تراسله عبر البريد الإلكتروني في أي وقت أرادت فيه البقاء في المنزل، لكنها لم تخبر زملاءها في البداية، وكانت متخوفة من أن يعتقدوا أنها كسولة في الأيام التي لم تستطع فيها الحركة تمامًا تقريبًا، ولم تأت فيه إلى العمل.

وقالت إنها قررت - في نهاية المطاف - أن تكون صريحة، وتعلن عن مرضها في تغريدات على موقع «تويتر»، وفي مدونة إلكترونية، وقد حظيت بدعمٍ كبير. وفي إحدى عطلات نهاية الأسبوع، عندما شاركت بكتابة تغريدات لصالح زائري موقع Shift.ms، وهي شبكة تواصل اجتماعي، مقرها المملكة المتحدة، وتضم المصابين بالتصلب المتعدد، أعرب طالب جامعي عن امتنانه حين عَلِم منها أن اتخاذ مهنة بحثية لا زال ممكنًا. وتقول: "أخبرني العلماء الأصغر سنًّا أنه كان لا بد لأحد أن يتحدث بصراحة وانفتاح عن إعاقته؛ ليدركوا فجأة أن هناك فرصًا لهم في العمل".

التركيز على الضروريات

يرى العديد من الباحثين أن مواصلة العمل في مهنة بحثية في ظل الإصابة بمرض مزمن تتطلب التركيز على الأمور الأكثر أهمية فقط. أدرك ليونارد جيسون، وهو أخصائي

اعرف حقوقك

ما يحق لك في مكان العمل

تتوفر ضمانات قانونية في مكان العمل لأصحاب الأمراض المزمنة، كما يتاح لهم الدعم، بيد أن تفاصيل ذلك تختلف من بلد إلى آخر.

الاتحاد الأوروبي

- يلتزم الاتحاد الأوروبي باتفاقية حقوق الأشخاص ذوي الإعاقة، الصادرة عن الأمم المتحدة (انظر: go.nature.com/2bmhlhu).
- تضطلع الشبكة الأكاديمية لخبراء الإعاقة الأوروبيين بتقييم قوانين الاتحاد الأوروبي وسياساته التي تؤثر على ذوي الاحتياجات الخاصة (انظر: go.nature.com/2or5iku).

وفي المملكة المتحدة على وجه التحديد:

- تقدّم خدمة الصحة العامة المشورة للموظفين الذين يعانون من حالات طبية طويلة الأمد (انظر: go.nature.com/2yyvez9).
- يكفل قانون المساواة لعام 2010 الحماية ضد التمييز لمَن يعانون من أمراض معينة، مثل التصلب المتعدد (انظر: go.nature.com/2klipz4).

الولايات المتحدة

- تتضمن القوانين الفيدرالية قانون الأمريكيين ذوي الإعاقة (انظر: go.nature.com/2oli8zl)، والمادة 504 من قانون إعادة التأهيل لعام 1973.
- تطرح الرابطة الأمريكية لأساتذة الجامعات قواعد إرشادية؛ بهدف استيعاب ذوي الإعاقات، وتستكشف الملابسات القانونية في الأوساط الأكاديمية (انظر: go.nature.com/2yyjdap).

كندا

- يبرز من بين الضمانات القانونية هناك الميثاق الكندي للحقوق والحريات، والقانون الكندي لحقوق الإنسان.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



جنيفر مانكوف، التي تعاني نوبات إرهاق شديد، تعكف على دراسة أساليب تكنولوجية لذوي الاحتياجات الخاصة.

نفسي - شُخصت حالته في عام 1989 بأنه مصاب بالتهاب الدماغ والنخاع المؤلم للعضل/متلازمة التعب المزمن (ME/CFS) - أنه بحاجة إلى التعامل بشكل استراتيجي مع عمله، والحرص على عدم إرهاق نفسه. وقد أثمر نهجه عن حصوله على التقدير، والفوز بجوائز لتميزه في المجال البحثي، وحصوله في مرحلة ما على منصب في هيئة فيدرالية أمريكية معنية بتقديم استشارات لبحوث التهاب الدماغ والنخاع المؤلم للعضل/متلازمة التعب المزمن (ME/CFS). وهو يوصي بأنْ يواصل العلماء العمل فيما يرونه مهمًّا أكثر لهم. يقول جيسون، الذي يعمل في جامعة دي بول في شيكاغو بولاية إلينوي: "في الحقيقة، لا يمكنك فعل كل شيء؛ فتحديد الأولويات أمر فائق الأهمية عندما يكون المرء في حالة متدهورة. وإذا كان الأمر بسيطًا، ولا يهمّك في شيء؛ تجاوَزْ عنه".

وقد يؤدي الإفراط في بذل الجهد في الأيام التي تشعر فيها أنك بحالة جيدة إلى نتائج عكسية. فقد أُصيبت زيمس بوعكة؛ جعلتها ترقد بسبب شدة الإرهاق لمدة يومين، بعد أن قضت ست ساعات في أعمال ميدانية في الخارج، في يوم بارد وعاصف في البرازيل، لكنها الآن تستعد جيدًا قبل القيام بالأعمال الميدانية في ذروة فصل الشتاء، وتخصص الوقت للتعافي لاحقًا. أما في المؤتمرات، فتوفر طاقتها بأخْذ قسط من الراحة بين الجلسات، والإقامة في فندق قريب. ونظرًا إلى أن نظامها الغذائي يؤثر على مستويات تعبها، فهي تُعِدّ وجبتي الإفطار والغداء الخاصتين بها بنفسها.

أمّا مانكوف، فترى أنه من المفيد تقسيم المهام الكبيرة إلى مهام أصغر تتطلب مُدَدًا زمنية متفاوتة، حتى يصبح بإمكانها - لو كان أمامها ساعتان كاملتان للعمل، أو عشر دقائق في اليوم مثلًا - أن تنجز شيئًا واحدًا على الأقل في ذلك اليوم. وقد اكتسبت هذه المهارة في السنة الأولى من دراستها علوم الحاسوب في مرحلة الدكتوراة في عام 1996، حين تعرضت لإصابات متكررة بسبب الإجهاد، إثر استخدامها لوحة مفاتيح سيئة التصميم؛ فلجأت إلى برنامج التعرف على الصوت، إلا أن هذا أسفر أيضًا عن إصابة في أحبالها الصوتية.

ورغم شعورها بالإحباط، أدركت أنها قد تعلمت كيف تقوم بترتيب المهام حسب أولويتها لديها، والتركيز على عملها في الوقت الذي تكون فيه في حالة جيدة. واليوم، تقلِّص مانكوف الوقت الذي تقضيه على موقع فيسبوك وغيره من وسائل التواصل الاجتماعي؛ لتجنب التشتُّت. كما توصي بمتابعة مدونة مجتمعية اسمها «كرونيكالي أكاديمك» Chronically Academic.

وتضيف زيمس قائلة إن العلاج قد يكون مفيدًا. أما سنايدر، فتقول إن الرعاية الذاتية مهمة أيضًا. وقد أسهمت رعايتها لقطة صغيرة في إبعاد شبح القلق والاكتئاب المصاحبَين عادةً لالتهاب المفاصل. تقول سنايدر إنه "مهما كان مقدار شعوري بالإحباط، أو بالألم في ركبتي"، فإن القطة تعتمد عليها، ورعايتها ليست مهمة شاقة.

ويَستلزِم التأقلم مع مرض مزمن التخطيط للأحداث غير المتوقَّعة، وقد يتطلب تغيير الوظيفة. فعلى سبيل المثال، تقوم جوليا هوبارد - وهي عالمة في الفيزياء الحيوية، مصابة بمرض السكري من النوع الأول، ومرض المناعة الذاتية «الذئبة» - بحَزم حقائبها قبل رحلاتها بأسبوعين، تحسبًا لعجزها عن فعل ذلك قبيل الرحلات مباشرةً.

وقد ساعدها تغيير مجال عملها أيضًا على التأقلم مع حالتها الصحية. ففي بداية إصابتها بالمرض في أوائل تسعينيات القرن الماضي، أدت زياراتها المتكررة إلى المستشفيات والأيام المَرضية التي مرّت بها إلى صعوبة إجرائها تجارب على كيمياء البروتينات في سياق عملها لدى إحدى شركات المستحضرات الدوائية؛ فانتقلت إلى وظيفة تتعامل في الأساس مع البيانات، وتسمح لها بالعمل عن بُعْد حين تحتاج إلى ذلك. وفي عام 2001، تدربت من جديد على مجال التصوير البلوري للبروتينات، وقد صارت الآن باحثة في معهد فرانسيس كريك في لندن، تحت إشراف مدير متعاطف مع احتياجاتها، ويتاح لها خيار العمل عن بُعْد، إنْ احتاجت إلى ذلك.

وتقول إنها عندما تنظر إلى الماضي، تتمنى لو كانت تعاملت مع نفسها بشكل ألطف في بداية مرضها. وتقول: "يجب أن تتكيف مع الأمر. هناك خسارة بلا شك، وتليها دورة من الحزن والأسى".

وتضيف مانكوف قائلة إنّ تعلُّم التكيف قد يعزز من ثقة الباحث في قدرته على التعامل مع الانتكاسات. في الأعوام القليلة الماضية، كانت حالتها النفسية جيدة بما يكفي لزيادة معدَّل النشر، والتحمس لما هو قادم، لكنها تدرك أيضًا أنها قد تنتكس في أي وقت، لكنها بعد أن أصقلت مهارات التكيف لديها، تشعر بالتفاؤل حيال المستقبل، وتقول: "رغم كوني أستاذة الآن، أشعر أنني أبدأ مسيرتي للتو بحماس، وسأتقبل الأمر، سواء انتكست، أم تراجعت إنتاجيتي مجددًا. فأنا أستمتع فحسب بالغوص في المشكلات؛ وحلها". ■

إيميلي سون صحفية حرة في مينيابوليس، مينيسوتا.



شركة «يونيفرسال باركينج» المحدودة

قيادة صفقة صعبة.

جيمس أندرسون

كطالب دراسات عليا في قسم الفيزياء بإحدى الجامعات التقنية المرموقة، كانت حياتي حافلة، لكنّ أحد الأشياء التي شغلت أكبر مساحة من يومي كانت محاولة العثور على مكان لركن السيارة. لم أكن شخصية مهمة بما يكفي للحصول على ملصق باسم الجامعة، ولا ثريًّا بما يكفي لأتحمل دفع رسوم مقابل ركنها.

كنت ذات يوم أَعْثَر حظًّا من المعتاد في بحثي عن مكان لركن السيارة. وبينما كنت أسير المسافة الطويلة عائدًا إلى مختبري، مررت بواجهة متجر جديد، وقد وُضعت في نافذة عرضه لافتة مغرية، كُتب عليها: "شركة يونيفرسال باركينج المحدودة.. رَكْن السيارات بأسعار في المتناول".

خلف الخزينة كان يجلس صديقي القديم ألفريد، الذي كان قد ترك برنامج الدراسات العليا العام السابق، على إثر مشاجرة صاخبة مع المشرف على البحث الخاص به.

أخرجْتُ رأسي من الباب، وسألته: "ماذا يحدث يا آل؟"

أجابني: "التحقتُ بالقطاع الخاص، وهذه شركتي الناشئة الجديدة".

سألته: "لكنْ كيف توفِّر أماكن للركن بأسعار زهيدة قريبة جدًّا بهذا الشكل من الجامعة؟"

أجابني بابتسامة: "ستُدهش"، ثم أردف: "يدرس مختبرنا أجهزة الحاسوب الكمية، أليس كذلك؟ وتحتاج هذه الحواسيب إلى تصحيح الأخطاء؛ للحصول على نتائج موثوق فيها، فأردت معرفة ما إذا كان للأخطاء بِنْية معينة، أم لا".

ثم تابع: "خَمِّن ماذا وجدت، كان لديها بِنْية بالفعل. وبفكّ شفرتها، صاغت الأخطاء رسالة، بل كان إعلانًا، وكان باللغة الإنجليزية، يقول: «هل تحتاج إلى أموال؟ اربح كثيرًا من الدولارات بحلّ مشكلة المدن المزمنة، وهي رَكْن السيارات. اشتر حق وكالة رَكْن السيارات من شركة يونيفرسال باركينج المحدودة. لا يباع في المتاجر». وتَضَمَّن الإعلان تعليمات بشأن كيفية تصنيع جهاز للاتصال بالمُعْلِن. وبالطبع أخبرت مشرفي، وبطبيعة الحال اعتقدَ أنني مجنون؛ وطردني".

أَخَذَ نفسًا عميقًا، قبل أن يواصل كلامه قائلًا: "بانتهاء مساري الدراسي، لم يعد لديّ دخل؛ فقمت بالشيء الوحيد الذي كان أمامي، ألا وهو تركيب جهاز الاتصال باستخدام جهاز لاسلكي يعمل بالموجات القصيرة، يعود إلى خمسينيات القرن الماضي، ومكبر صوت مجسم يعمل بأنابيب مفرغة الهواء. ويبدو أن الأنابيب مفرغة الهواء كانت مهمة، وها نحن"، ولَوّح بيديه.

"تقوم تقنية رَكْن السيارات الخاصة بهم على نموذج ميكانيكا الكَمّ متعدد العوالم، فأنت تركن سيارتك في كون بديل، وهُمْ يوفرون الأجهزة والبرامج اللازمة لركن السيارات، واستردادها. تقود السيارة إلى أن تصبح على رقعة الإرسال، ثم تضغط على زر؛ فتنطلق السيارة، وتضغط على زر آخر؛ فتعود إليك".

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

لم أنبس ببنت شفة. بدأ آل العمل منذ شهر واحد فقط، وقد شرع يربح الأموال فورًا، حتى أنه زار ساحة انتظار السيارات في عالم مواز. كيف يمكنني مقاومة كل هذه الإثارة؟

سألته: "هل هناك فرصة لاصطحاب رفيق عملك القديم لرؤية هذه الساحة؟"، ففي النهاية، لا بد أن المشروع كان يعمل ببعض مبادئ الفيزياء الجديدة الجوهرية.



ILLUSTRATION BY JACEY

هز آل كتفيه بدون مبالاة، وقال: "ولِمَ لا؟" وأشار إلى أقرب سيارة. ركبنا فيها، ثم ضغط على أحد الأزرار في جهاز التحكم عن بُعْد الخاص به. وفي الحال، وجدنا أنفسنا وسط منطقة منبسطة واسعة. كانت الساحة ممتدة على مسافة مترامية في جميع الاتجاهات، وكانت مقسمة بانتظام. وكل بضعة ياردات ثُبِّت فيها لافتة تحمل رسمًا كاريكاتيريًّا لقرد.

كان هناك عدد ضخم من السيارات يقف بالفعل في الساحة. وكانت أشكالها تشبه السيارات الموجودة في عالَمنا نحن، لكن بأسماء غير مألوفة. رأينا سيارة رياضية من نوع «كرايسلر بالروج»، وأخرى عالية وردية اللون بعجلات ضخمة من نوع «جي. إم. دي. إيبسين». وكانت هناك سيارة سيدان «فورد بانتوكراتور»، وسيارة كوبيه «فارد أوريفلام» أيضًا. اثنتان من المركبات الأكثر لفتًا للانتباه كانتا سيارة سيدان «أرشيماندريت ترينيتاريان» بثلاثة مصابيح أمامية، وسيارة «في. دبليو. دبليو. أوكتوباص» بأربعة محاور وثماني عجلات.

في كل فترة، تظهر سيارة جديدة مع صوت فرقعة. وأحيانًا كانت تختفي سيارة مع صوت سحبٍ عالٍ.

تنامَى إلى مسامعنا صرير خافت. وعلى بُعْد، استطعنا تمييز كائن يركب باتجاهنا ما بدا كعربة جولف منصهرة. ومع اقترابه، استطعنا أن نرى المخلوق؛ طويلًا، ونحيلًا، ويشبه البشر، وكان يرتدي زيًّا لامعًا باللون الأحمر الزاهي.

توقَّف بجوارنا، وتحدَّث صندوق في الحزام الذي كان يرتديه بلكنة إنجليزية غريبة قائلًا: "مرحبًا بكم في مشروعنا. يسعدني أنكم توصلتم إلينا. مع انضمام عوالم جديدة إلى «يونيفرسال باركينج»، فإننا نخصص لهم جزءًا من مواقف السيارات الخاصة بنا. وقد افتتحنا مؤخرًا قسمًا للرئيسيات البدائية مثلكم. أنا عامل الموقف؛ وقد جئت لتحصيل الرسوم".

وقرأ علينا فاتورتنا المفصلة: "واحد: رسوم أولية مقابل مَنْح حق الوكالة. اثنان: نفقات مقابل كل عملية ركن لسيارة. ثلاثة: نفقات مقابل كل عملية استرداد للسيارة. أربعة: رسوم مقابل فقدان الطريق في ساحة الانتظار. خمسة: رسوم مقابل العثور عليكم. ستة: رسوم مقابل التحدث مع العاملين في موقف السيارات".

نَزَع صفحة من دفتر، وأعطاها لآل، وقال: "ننتظر منك الدفع بالبِتكوين بحلول الأسبوع المقبل. أقل مبلغ أنتم مدينون به يعادل تقريبًا دخل إحدى الوحدات الإدارية المحلية لديكم، كولاية مثلًا".

وأضاف: "إذا لم تتمكنوا من العثور على كمية كافية من البِتكوين، أقترح ترتيب نظام عبودية مُلْزِمة لبضعة مئات من أفضل قراصنة الحاسوب لديكم. نحتاج دائمًا إلى تطوير برامجنا، وتوسيع نطاق عملياتنا، وربما إحداث مشكلات تشغيلية عند المنافِسين".

وأردف قائلًا: "إننا نتوقع الدفع الفوري، وإلا فسنضطر إلى الاستعانة بمندوب التحصيل الخاص بنا، الذي أتوقع أنكم قد لا تحبونه".

كان على وشك أن يغادر، عندما ظهر واحد آخر، على ما يبدو أنه ظهر فجأة من حيث لا ندري. كان هذا قصيرًا، وبدينًا، ويطغى عليه لون برتقالي فاقع، يشمل بذلته، وعينيه، وجِلْده.

حَدَّق عامل الموقف بنظراته، ثم قال: "توقف عن مضايقة هؤلاء البدائيين. لقد حذَّرناك من قبل. في المرة القادمة سنفرض عليك غرامات مالية مع العقاب المناسب. عُدْ إلى مجموعتك التعليمية، ولا تعاود مجددًا".

واختفى عامل الموقف وعربته مع سماع صوت سَحْب.

التفت الوافد الجديد إلينا، وقال: "يجب أن تكونوا ممتنِّين لنا، لأننا أنقذناكم من هذا المحتال الحقير"، وأضاف: "كان من الممكن أن يبتز كوكبكم المغمور؛ ويفلسه. لقد وقعتم في شراك خدعة «الرَّكْن عن طريق ميكانيكا الكَمّ». وتنجح هذه الخدعة فقط مع كائنات في مستوى الذكاء التجاري الخاص بالبدائيين – أو ما دونه - من كوكبكم، الذين باعوا العقارات في مانهاتن، مقابل حفنة من الترانزستورات. هذه حتى ليست ساحة الانتظار الخاصة به؛ إنها مِلْك «أومنيفيرس شوبنج مول»".

وتابَع قائلًا: "سوف نرسلكم وسياراتكم إلى كوكبكم، وسنقطع اتصالكم الأوليّ بالأكوان المتعددة. لا تتصلوا بنا، إلا بعدما تدركون حقيقةً ما الذي يقدِّمه تعدين البِتكوين".

ثم اختفى.

ووقفتُ أنا وآل منتظرَين أن يتم نقلنا إلى عالمنا، بعد أن تَعَلَّمنا أن نأخذ حذرنا من الفيزياء الجديدة. ■

جيمس أندرسون اشترك للمرة الأولى في مجلة «أستاوندنج ساينس فيكشن» *Astounding* Science *Fiction* عندما كان عمره 12 عامًا. ويعمل الآن أستاذًا للعلوم الإدراكية في جامعة براون، حيث ينشئ نماذج شبكات عصبية للإدراك.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



رائدة العلوم في العالم العربي
متاحةٌ الآن للجميع ..

لقد كانت مهمتنا دومًا إيجاد سُبُل جديدة ومبتكرة لمشاركة أحدث الاكتشافات في مجال العلوم، وتطوير النقاش بين المجتمع العلمي العالمي. وتُعَدّ دوريّة *Nature* الطبعة العربية ـ سواء أكانت المطبوعة، أم الإلكترونية، أم التي يمكن تحميلها على الهواتف الذكية ـ بمنزلة مُنْتَدَاك الخاص لقراءة الأبحاث الرئيسة، ومشاهدتها، والاستماع إليها، والمشاركة فيها.

اخْتَرْ وَسِيلَتك المفضَّلة لمتابعتنا

ARABICEDITION.NATURE.COM

Follow us on:











nature publishing group npg

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa